Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut.

(Mit 5 Holzschnitten.)

Von dem w. M. **Julius Wiesner.**

Einleitung.

Die feinsten Structurverhältnisse der pflanzlichen und thierischen Organe aufzudecken, bildet bekanntlich einen der wichtigsten Zielpunkte der Morphologie und Physiologie der Pflanzen und Thiere.

Von rein morphologischem Gesichtspunkte aus wird man an diesem — heute noch in weiter Ferne liegenden, aber selbst dem besonnensten Naturforscher erreichbar erscheinenden — Ziele angelangt sein, wenn die letzten, das ist die einfachsten Structurelemente der Lebewesen aufgefunden sein werden. Die Physiologie aber wird die Veränderungen und Eigenschaften dieser Elementargebilde erst zur Erklärung der Lebensvorgänge heranzuziehen haben.

Im Bereiche der Morphologie ist es die Anatomie, welche auf analytischem Wege den inneren Bau der Organismen darzulegen strebt. Wie die Chemie die Verbindungen zerlegt und zu den wahren Elementen zu gelangen sucht, so trachtet die Anatomie durch analoge Operationen zu den letzten Formelementen der Pflanzen und Thiere vorzudringen. Auf diesem Wege gelang es zunächst, die Organe in Gewebe und diese in die bisher als Elementarorgane angesehenen Zellen zu zerlegen.

Dass die sogenannten chemischen Elemente die gesuchten Grundstoffe der Verbindungen nicht repräsentiren, wird derzeit wohl allgemein zugestanden. Aber auch die „Zellen" können heute nicht mehr als das angesehen werden, wofür man sie so lange hielt, als die letzten organisirten Bausteine der Pflanzen und Thiere. Es ist das Verdienst Brücke's, die grosse

Complication im Baue der sogenannten „Elementarorgane" zuerst nachdrücklich hervorgehoben und gezeigt zu haben, dass die damals herrschenden auf den Bau der Zellen bezugnehmenden Vorstellungen: Kerne oder Membranen seien homogen, wenn sie uns homogen erscheinen, oder besässen keine andere als Molecularstructur, oder das Protoplasma sei eine Eiweisslösung u. s. w., als völlig unberechtigt zurückgewiesen werden müssen. Es geschah dies bekanntlich in seiner mit Recht berühmten Schrift, „die Elementarorganismen"[1], auf welche ich in dieser Abhandlung noch oftmals zurückkommen werde. Sehr treffend nennt Brücke die Zellen dort „Elementarorganismen", um schon durch das für dieselben gewählte Wort seine Anschauung über ihren wahren Bau in Gegensatz zu stellen mit jenen seiner Vorgänger, welche die Zellen als die letzten Structurelemente des Organismus, als „Elementarorgane" betrachteten.

Der genannte Forscher begnügte sich damit, die Organisation des Protoplasmas aus dessen Functionen zu erschliessen, ohne über die Structur des „lebenden Zellenleibes" eine bestimmte Vorstellung zu formuliren, wozu aus Mangel an thatsächlichen Kenntnissen damals alle positiven Anhaltspunkte fehlten. Hingegen betonte Brücke, dass eine selbst noch so complicirte Molecularstructur die in den Zellen sich abspielenden Lebensvorgänge nicht zu erklären im Stande wäre und räumt die Möglichkeit ein, dass die Elementarorganismen aus organische Structur besitzenden Elementen, aus wahren Elementarorganen zusammengesetzt seien.

In der Geschichte dieses schwierigen Forschungsgebietes erblicken wir zwei scharf getrennte Wege. Der eine geht von den Schichtungsverhältnissen der vegetabilischen Zellenmembran und der Stärkekörnchen aus, der andere sucht durch die unmittelbare Beobachtung unter Anwendung bestimmter Methoden (Härtung, Färbung etc.) die Structur des Protoplasmas und des Zellkernes aufzufinden. Der erstere, bekanntlich von Nägeli eingeschlagen, bewegt sich fast gänzlich auf hypothetischem Gebiete, der letztere steht durchaus auf dem Boden der Thatsachen. Nägeli's

---

[1] Sitzungsb. d. kais. Ak. d. Wiss. math. nat. Cl. Bd. 44 (1861) II. Abth. p. 381 ffd.

Hypothese, heute allgemein als Micellartheorie bekannt, entstand etwa gleichzeitig mit Brücke's „Elementarorganismen", die Untersuchungen über die Structuren des Protoplasmas und Zellkernes gehören bekanntlich der neuesten Zeit an.

Nägeli leitete seine Theorie aus dem optischen Verhalten der Zellmembran und der Stärkekörnchen und aus jenen Structureigenthümlichkeiten ab, welche als Schichtung und Streifung der Zellwand bekannt sind. Es gelang ihm, durch einige einfache, mit grossem Scharfsinn ersonnene Annahmen nicht nur die Doppelbrechung der genannten Gebilde, deren Schichtung und Streifung n höchst einleuchtender Weise, sondern auch manche physiologisch wichtige Erscheinung, wie z. B. die Quellung der Zellmembran zu erklären und überhaupt die Structurverhältnisse mit den damals bekannten physiologischen Phänomenen in nahen Zusammenhang und — von einzelnen zumeist übersehenen Thatsachen abgesehen — in eine geradezu imponirende Übereinstimmung zu bringen.

Nägeli's Micellartheorie geht von folgender Annahme aus: Die vegetabilische Zellmembran besteht aus ausserordentlich kleinen, mikroskopisch nicht wahrnehmbaren Molekülgruppen (Micellen.) Dieselben haben die Form und optischen Eigenschaften von (nicht tessularen) Krystallen, und sind nicht imbibirbar. Absolut trocken gedachte organisirte Gebilde bestehen aus sich berührenden Micellen. Da die Anziehung der Micelle zum Wasser grösser als die der Micelle untereinander angenommen wird, so muss das in die organisirten Gebilde eindringende Wasser die Micelle wie ein Keil auseinander treiben. Je kleiner die Micellen sind, desto grösser werden bei der Imbibition die sie umhüllenden Wasserschichten. Damit im Zusammenhange steht die Annahme, dass der grösste Querschnitt der Wasserhülle dem kleinsten Querschnitte des Micells entspricht und umgekehrt. Da die Micelle — nach einer weiteren Annahme Nägeli's — sich während des Wachsthums der von ihnen zusammengesetzten Gebilde selbst vergrössern, so müssen die Schichten der Zellwand in späteren Entwicklungsstadien wasserärmer werden.

Aus der Doppelbrechung der Micelle leitet Nägeli die Anisotropie der Zellhäute und der Stärkekörnchen ab, hingegen aus der Vertheilung von Micellen und Wasser alle im Laufe der

Entwicklung und in den verschiedensten Verhältnissen des Lebens sich ergebenden Erscheinungen der Aufnahme und Abgabe des Wassers, der Schichtung und Streifung der Zellhäute, beziehungsweise der Stärkekörnchen u. s. w. Dass beispielsweise aus Form und Lage der eine Faser zusammensetzenden Micelle sich die starke Quellung in der Richtung des Querschnittes und die relativ geringe in der Richtung der Längsschnitte erklären lässt, leuchtet ein.

Die Nägeli'sche Lehre hat eine fast allgemeine Anerkennung gefunden. Der bewundernswerthe Scharfsinn, mit welchem dieselbe construirt und die strenge Consequenz der Durchführung, welche ihr den Charakter einer vollendeten Theorie aufdrückt, lassen den Erfolg, welchen dieselbe errang, begreiflich erscheinen und machen es verständlich, dass von vielen Seiten die so spärliche thatsächliche Unterlage, auf welcher die Micellarhypothese gebaut ist, übersehen worden ist. Und auch heute noch kann Nägeli's Lehre im Gebiete der Botanik als herrschend angesehen werden, obwohl manche Erscheinung in viel naturgemässerer Weise erklärt wird und manche dieser Lehre zu Grunde liegende Annahme zweifelhaft geworden oder als unhaltbar sich herausgestellt hat.

So vor allem der krystallinische Charakter der Micelle. Ich habe schon vor Jahren die Anisotropie der vegetabilischen Zellwand aus Spannungsunterschieden abgeleitet[1]. Später machte Ebner[2] die schwerwiegendsten Argumente gegen den Krystallcharakter der Micelle geltend und lieferte den Beweis, dass die Anisotropie der organischen Gebilde weder auf Interferenz depolarisirter Strahlen beruhe, welche beim Durchgange durch optisch nicht homogene einfach lichtbrechende Körper entstehen, noch auf krystallinische Beschaffenheit zurückzuführen sei, sondern dass dieselbe von nach verschiedenen Richtungen ungleichen Spannungen verursacht werde, von Spannungen, welche im Lebenslaufe des Organismus sich vielfach ändern und die auf künstliche Weise geändert werden können.

---

[1] Elemente der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1. Aufl. p. 260.

[2] Ebner, Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organischer Substanzen. Leipzig 1882.

Auch N. J. C. Müller[1], Höhnel[2] und Strasburger[3] haben die Annahme der krystallinischen Micelle zur Erklärung der Doppelbrechung der Zellmembran verworfen und fassen das Zustandekommen dieser Erscheinung im Wesentlichen in gleicher Weise wie Ebner und ich auf.

Höhnel führte auch die Quellungserscheinungen auf Spannungszustände zurück, nachdem er die aus der Micellartheorie sich ergebende Erklärung für unzureichend gefunden hat.

Diejenigen, welche, wie Schmitz, Höhnel und Andere, besonders Strasburger, dessen Stellung zur Nägeli'schen Lehre ich später im Zusammenhange erörtern werde, das gesammte Wachsthum auf Apposition zurückführen, leiten die Schichtung der Zellwand nicht wie Nägeli aus ungleichem Wassergehalt ab, sondern führen dasselbe auf successive erscheinende, aus dem Protoplasma entstehende und sich gegenseitig differenzirende Ablagerungen zurück.

Seit Jahren vertrete ich die Ansicht[4], dass der geschichtete Bau der Zellmembran im Wesentlichen nicht auf einer Wechsellagerung wasserarmer und wasserreicher Schichten, sondern auf vom Wassergehalt unabhängiger Ungleichheit der Schichten im Lichtbrechungsvermögen beruhe, welches ungleiche optische Verhalten wieder auf eine Differenz in chemischer Beziehung zurückzuführen sei. Ich stütze mich hiebei auf Thatsachen zweierlei Art. Erstlich darauf, dass vollkommen ausgetrocknete Membranen sich geschichtet erweisen, auf welche Thatsache ich in den unten folgenden „Untersuchungen" noch in anderem Zusammenhange zurückkomme, sodann auf die Hervorrufung von Schichtung in Zellwänden durch Reagentien, welche weder wasserentziehend noch wasseranziehend wirken, z. B. Chromsäure, welche durch Oxydation einzelne Schichten früher angreift als andere und dadurch die letzteren deutlicher macht.

---

1 Handbuch der Botanik I. 1880.

2 Bot. Zeitung 1882 p. 595 ffd.

3 In der weiter unten citirten Abhandlung über Bau und Wachsthum der Zellhäute.

4 Wiesner, Elemente der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. I. Aufl. p. 257 und 260.

Nägeli hat auf diese und andere seine Micellartheorie betreffenden Einwände nicht erwidert, vielmehr später seine Hypothese mit noch grösserer Bestimmtheit, als dies früher gelegentlich geschah, auf alle organisirten Gebilde ausgedehnt und sie zur Grundlage seiner Abstammungslehre gemacht[1].

Er fasst nämlich[2], indem er das von ihm aufgestellte Idioplasma (den Träger der erblichen Anlagen des Organismus) charakterisirt, die Grundlage seiner Theorie in folgende Worte zusammen: „Sie (die Structur des Idioplasmas) ist nur einer bereits feststehenden analogen Structur anderer organisirter Körper nachgebildet. Jeder dieser Körper besteht aus krystallinischen Micellen (mikroskopisch unsichtbaren, aus einer grösseren oder kleineren Zahl von Molekülen bestehenden Kryställchen, von denen jedes im imbibirten Zustande mit einer Wasserhülle umgeben ist)."

Da die Micelle nur als Molekülgruppen zu betrachten sind[3] und von Nägeli auch nur dafür ausgegeben werden, so ist ersichtlich, dass nach der Auffassung dieses Forschers dem Protoplasma, dem Zellkerne und der Zellwand ganz direct ein molecularer Bau zukömmt, eine Auffassung, welche den Ideen Brücke's über die Structur der Zelle zuwiderläuft. Freilich nimmt auch Brücke, wie sich von selbst versteht, gleich Nägeli eine molekulare Structur der organisirten Gebilde an, wie selbe einer Lösung, einem festen amorphen oder krystallisirten Körper zukömmt, und jedem Körper eigen ist. Diese Structur trennt er aber vollständig von der Organisation, einer Structur, welche nur den lebenden Wesen eigen ist. Der Gegensatz der beiderseitigen Ansichten spricht sich, wie ich glaube, am deutlichsten in folgender, den „Elementarorganismen" (p. 385) entnommenen Stelle aus: „Die zusammengesetzten Moleküle der organischen Verbindungen sind nur die Werkstücke, die nicht in einförmiger Weise, eines neben dem andern aufgeschichtet, sondern zu einem lebenden Baue künstlich zusammengefügt sind."

---

[1] Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München und Leipzig 1884.

[2] l. c. p. 35.

[3] Vergl. hierüber u. a. Ebner, l. c. p. 11.

Ehe ich einige bisher noch nicht gemachte, aber, wie ich vielleicht erwarten darf, nicht unwesentliche Einwände gegen die Nägeli'sche Hypothese vorbringe, möchten folgende Bemerkungen gerade hier am Platze sein.

Erstlich, dass die Micelle Nägeli's mehrfach als die letzten organisirten Bausteine gehalten worden sind, welche etwa den von Brücke vorausgesetzten oder doch zugegebenen eigentlichen Elementarorganen entsprechen. Es ist aber schon gesagt worden, dass zwischen Molekülgruppen und Micellen kein wesentlicher Unterschied bestehe. Auch schliesst schon die Annahme Nägeli's, dass die Micelle für Wasser undurchdringlich seien, deren organische Structur aus.

Sodann möchte ich hier hervorheben, dass Nägeli's Micellartheorie, so sehr sie auf botanischem Gebiete Anklang gefunden, im Bereiche der zoologischen Forschung ohne Wirkung geblieben ist. In Flemming's bekanntem Werke über Zellsubstanz [1] wird die Nägeli'sche Theorie nicht erwähnt, obwohl dieses Werk die bis dahin bekannten Versuche, die feinsten Structurverhältnisse der Zellsubstanz aufzufinden, am ausführlichsten schildert und unter allen hierauf bezüglichen Arbeiten am meisten gefördert hat. Auch in anderen, den genannten Gegenstand betreffenden Schriften finde ich kein oder doch kein näheres Eingehen auf die Nägeli'schen Ideen [2]. Eine Annäherung an Nägeli's Vorstellungen über micellaren Bau liegt in Rauber's [3] Auffassung der Zellstructur, welche letztere auf einen radialconcentrischen Typus zurückzuführen sei, einen Typus, nach welchem die Stärkekörnchen gebaut sind [4]. Obgleich nun

[1] Leipzig 1882.

[2] Mit Ausnahme einer Schrift, die ich nur aus einer Stelle in Ebner's Werk (l. c. p. 9.) kenne, wo es heisst, dass Bernstein (Über die Kräfte der lebenden Materie. Universitätsschrift. Halle 1880) die Ansichten Nägeli's auf den Bau des thierischen Körpers übertragen habe, und als Ursache der Doppelbrechung thierischer Gewebe Krystallmoleküle voraussetze. Eine ähnliche Voraussetzung machen Wundt (Lehrbuch der Physiologie des Menschen 2. Aufl. p. 55) und Ranke (Grundzüge der Physiologie 2. Aufl. p. 65.) Vrgl. auch Ebner, l. c. p. 233 und ffd.

[3] Thier und Pflanze. Leipzig 1881. p. 7.

[4] Nägeli, Abstammungslehre p. 35.

Rauber die auf Zellstructur und Wachsthum bezugnehmende botanische Literatur kennt, so beruft er sich bei Aufstellung seiner Lehre über den radial-concentrischen Bau der thierischen Gebilde nicht auf Nägeli, woraus vielleicht hervorzugehen scheint, dass er der Nägeli'schen Micellartheorie nicht zustimmt.

Hingegen sind Brücke's Ideen über die Organisation der Zelle bei denjenigen, welche die thierischen Gewebe zum Gegenstand ihrer Forschungen gemacht haben, unvergessen geblieben und bilden in mancher wichtigen Abhandlung den Ausgangspunkt der Untersuchung[1].

Es sind also die theoretischen Grundanschauungen in Betreff der innern Structur der Organismen bei Zoologen und Botanikern getheilt. Indess beginnt jetzt ein Umschwung einzutreten, seitdem nämlich auch von Seite der Botaniker in den Fragen der Structur der einzig richtige Weg, nämlich der der Beobachtung eingeschlagen wird. Angeregt durch die Zoologen, studiren gegenwärtig die Botaniker die Structurverhältnisse des Zellkernes und des Protoplasmas an der Hand der Beobachtung und beide sind bezüglich des feineren Aufbaues dieser Zellbestandtheile zu im Wesentlichen übereinstimmenden Resultaten gekommen. —

Die wichtigsten Einwände, welche gegen die Nägeli'sche Lehre erhoben werden können, scheinen mir aber die folgenden zu sein.

Die von Nägeli gemachten Annahmen waren zur Erklärung einiger ganz einfachen Verhältnisse berechnet: es handelte sich ja nur darum, die Schichtung, die Streifung, die Quellung und Doppelbrechung der Zellwände, beziehungsweise der Stärkekörner zu erklären; dies ist ja seinerzeit gelungen und es hat die Micellarlehre für jene, die bloss auf die genannten Verhältnisse Rücksicht nehmen, auch heute noch eine gewisse Berechtigung. Allein es handelt sich gegenwärtig um die Verdeutlichung, wo möglich Erklärung viel wichtigerer und schwierigerer Verhältnisse der Zellwand, um jene Vorgänge, die die Zellwand zu einem lebenden Organismus stempeln, vor Allem um die Organisationsveränderungen und chemischen Umbildungen,

[1] Vgl. beispielweise Flemming, l. c. p. 11.

welche das Wachsthum bedingen und begleiten, durchaus Verhältnisse, für deren ungezwungene und naturgemässe Erklärung wir in Nägeli's Annahmen keine Stütze finden.

Die Micellarhypothese setzt eine gewisse Homogenität der Zellhaut voraus, eine Gleichartigkeit des Gefüges, die eben noch mit der Schichtung und Streifung verträglich ist. Nun haben aber die durch Tangl's wichtige Entdeckung eingeleiteten Untersuchungen über die Continuität des Protoplasmas benachbarter Zellen gelehrt, dass neben den starren Wandbestandtheilen Protoplasmazüge die Haut der Pflanzenzelle durchsetzen. Die Structur der Zellwand muss infolge dessen weit inhomogener sein, als mit der Micellartheorie vereinbar ist.

Ich werde in dieser Abhandlung mehrfache thatsächliche Belege für die Auffassung, dass in der wachsenden Zellwand stets Protoplasma vorhanden sein muss, anführen und werde zeigen können, dass nicht nur die Organisationsänderungen in der Zellhaut unter der Annahme lebenden Protoplasmas inmitten derselben verständlicher werden, sondern auch die chemischen Verhältnisse, auf welche die Nägeli'sche Theorie keine Rücksicht nimmt und die, sofern sie mit der Structur der Zellhaut in Zusammenhange stehen, überhaupt bisher nicht genügend gewürdigt worden sind.

Nach beiden hier angedeuteten Richtungen ist mir die Tangl'sche Entdeckung über die Communication des Protoplasmas benachbarter Zellen von Wichtigkeit geworden. Man hat diese nunmehr im Pflanzenreiche so vielfach bestätigte Entdeckung bisher nur unter jenem Gesichtspunkte betrachtet, von welchem Tangl selbst sich leiten liess, und den zu unterschätzen ich weit entfernt bin. Man betrachtete den Durchgang des Protoplasmas durch die Wand nur als ein Verhältniss, welches den Zusammenhang benachbarter Zellen beeinflusst; dass man unter diesem Gesichtspunkte eine viel naturgemässere Vorstellung über Reizfortpflanzung und ähnliche physiologische Vorgänge erhielt, halte ich für einen hohen Gewinn.

Ich habe nun Tangl's Entdeckung von einem ganz anderen Gesichtspunkte aus betrachtet: ich frug mich, was hat die Anwesenheit des Protoplasmas in der Wand für die Organisationsverhältnisse derselben, ferner für ihren Chemismus zu bedeuten?

Diese Fragestellung in Verbindung mit einer vorher schon auf analytischem Wege gemachten Auffindung, dem Vorhandensein kleiner individualisirter Hautkörperchen, auf die ich noch in dieser Einleitung zu sprechen kommen werde, waren die Veranlassung, meine vor langer Zeit begonnenen Untersuchungen über die feineren Structurverhältnisse der vegetabilischen Zellwand wieder aufzunehmen.

Ich muss noch einer wichtigen, die Structur der Zellhäute betreffenden Untersuchung Erwähnung thun aus zweierlei Gründen: erstlich weil ich deren Verhältniss zu Brücke und Nägeli zu beleuchten für nöthig finde, und zweitens, weil ich mich auf dieselbe in dieser Abhandlung mehrfach beziehen werde.

Ich meine die umfassenden Untersuchungen, welche in neuerer Zeit Strasburger „über den Bau und über das Wachsthum der Zellhäute"[1] veröffentlichte.

Strasburger steht in einer das Wesen der organischen Structur betreffenden Hauptfrage auf dem Standpunkte Nägeli's; auch er sucht eine Förderung unserer Anschauungen über die Leistungen des Organismus in der Aufstellung einer Hypothese über die Molecularstructur der organisirten Gebilde. Aber seine Vorstellung über den molekularen Bau der Organismen ist eine von der Nägeli'schen vollkommen verschiedene.

Nägeli führt den Aufbau der Organismen auf lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung nebeneinander liegende Molekülgruppen (Micelle) zurück. Strasburger hingegen nimmt eine specifische Verkettung der Substanzmoleküle — eine netzartige Vereinigung — an und spricht sehr bestimmt die Meinung aus, dass diese Vereinigung der Moleküle nicht etwa eine Eigenthümlichkeit der colloidalen Substanzen, sondern eine specifische Eigenthümlichkeit der lebenden Gebilde ist. „Organisirt ist für mich ein Colloid erst dann, wenn es eine durch die specifische Thätigkeit des Organismus bedingte Structur besitzt."[2]

Durch diese Äusserung setzt sich aber Strasburger in bestimmten Gegensatz zu jenen Forschern, welche, wie z. B. Pfeffer[3], gar kein Unterschied zwischen „organisirt" und

[1] Jena 1882.

[2] Strasburger, l. c. p. 218.

[3] Osmot. Unters. p. 151 und Pflanzenphysiologie. p. 13.

„quellungsfähig“ zulassen. Diese Identificirung der organisirten mit der colloidalen Substanz scheint mir der schärfste Ausdruck für die Nägeli'sche Grundauffassung der Organisation zu sein, und man wird, indem man von hier aus den Vergleich zwischen dieses Forschers und Strasburger's Ansicht unternimmt, wohl zugeben, dass letzterer sich mehr der Grundauffassung Brücke's als jener Nägeli's hinneigt.

Die Untersuchungen Strasburger's haben noch einen anderen grossen Vorzug: sie bringen die über die Structur des Protoplasmas und Zellkernes erworbenen Kenntnisse mit den Zellwandstudien in Verbindung und versuchen mehrfach die Structur der Zellmembran aus jener des Protoplasmas entwicklungsgeschichtlich abzuleiten.

Strasburger beweist, dass das Protoplasma direct die Wand erzeugt und nicht etwa bloss ausscheidet, er zeigt, dass die erste Anlage der Haut selbst ein Protoplasmagebilde ist. Gerade diese bedeutungsvolle Entdeckung, welche mit der bekannten von Pringsheim herrührenden Darstellung der Zellhautentwicklung aus dem Protoplasma mehrfach im Einklange steht, ist für meine Studien über die Organisation der Zellwand von Wichtigkeit geworden.

Auch Strasburger führt die Doppelbrechung der Zellhäute und Stärkekörnchen auf Spannungsverhältnisse zurück und bestreitet den krystallinischen Charakter der den Micellen entsprechenden Formtheilchen.

Die Schichtung der Zellhäute und Stärkekörnchen wird von Strasburger auf reines Appositionswachsthum, also auf eine successive Substanzanlagerung vom Protoplasma her durch Umwandlung von Protoplasmasubstanz (Mikrosomen etc.) in Hautbestandtheile zurückgeführt, eine Auffassung, welche nicht nur der Micellarhypothese Nägeli's zuwiderläuft, sondern auch im Widerspruche mit der von den letztgenannten Forschern begründeten Lehre vom Wachsthum der organisirten Gebilde durch Intussusception steht.

Während ich bezüglich des Zustandekommens der Doppelbrechung der Zellwand mich mit Strasburger in Übereinstimmung finde, gelange ich sowohl, was das Wachsthum der Zellhaut als das Zustandekommen der Schichten anlangt, zu

Resultaten, welche ebensowohl von seinen als von jenen Nägeli's abweichen.

Dagegen stimme ich mit Strasburger's Auffassung in Bezug auf das Zustandekommen der Streifung überein. Gleich ihm betrachte ich die Streifen als schraubig angeordnete Fäden.

Indem ich hier andeute, dass nach meinen Untersuchungen die Streifen der Hauptsache nach aus kleinen, mikroskopisch nachweisbaren Körperchen (Dermatosomen) bestehen, aber auch die Schichten aus diesen Hautkörperchen sich zusammensetzen, komme ich zu dem Ausgangspunkte meiner Untersuchung.

Ich legte mir die Frage vor, ob es nicht auf analytischem Wege gelingen könnte, die Haut in feinere Elemente zu zerlegen, wie es gelungen ist, auf diesem Wege die Gewebe in Zellen zu theilen.

Nach langwierigen Untersuchungen fand ich mehrere Methoden, welche die Nachweisung von mikroskopisch erkennbaren individualisirten Hautkörperchen ermöglichten.

Aber erst durch die Verbindung dieser Thatsache mit den früher genannten Entdeckungen Strasburger's und Tangl's wurde ich in den Stand gesetzt, eine naturgemässe Vorstellung über die Organisation der Zellwand entwickeln zu können.

Um diese letztere, um die organische Structur und nicht um den molekularen Bau der Zellhaut wird es sich in den folgenden Blättern handeln. Bezüglich der ersteren finden sich in den umfassenden Untersuchungen Nägeli's die sorgfältigsten Beobachtungen, namentlich über Schichtung und Streifung, auf die man wohl immer wird zurückgreifen müssen, wenn es sich um das Studium der Zellwandstructur handelt. Auch meine ich, dass die tiefe speculative Behandlung, welche dieser grosse Forscher den organisirten Gebilden in seiner Micellartheorie angedeihen liess, vieles hervorgebracht hat, was in späterer Zeit, wenn die Frage über den molekularen Bau der Organismen mit Aussicht auf Erfolg wird in die Hand genommen werden können, Verwerthung finden wird.

Untersuchungen.

I. Zusammensetzung der vegetabilischen Zellhaut aus mikroskopisch nachweislichen Elementarkörperchen (Dermatosomen).

a) Zerstäubungsversuche.

Meine ersten Versuche, die Zellwand in feinere als in die bis jetzt bekannten organisirten Bestandtheile zu zerlegen, knüpfen an eine mit glücklichem Erfolge angewendete Fabricationsmethode an, welche den Zweck hat, vegetabilische Verunreinigungen aus Thierwolle und daraus erzeugten Webeproducten zu entfernen, ohne die animalische Faser anzugreifen.

Die vegetabilische Faser zerfällt bei dieser gleich näher zu beschreibenden Procedur durch leiseste Berührung in eine überaus feine Masse. Ich hoffte, durch dieses Verfahren die Zellwand, weiter als dies bisher geschehen war, zerlegen zu können.

Die Methode, von welcher die Rede sein wird, ist in der Praxis als „Carbonisirung" (auch „Entklettung", „épaillage)" bekannt. Sie besteht in Folgendem: Die zu „entklettende" Wolle wird mit etwa zweiprocentiger Salz- oder Schwefelsäure (auch andere Substanzen werden verwendet) behandelt, die adhärirende Flüssigkeit durch Abpressen oder Centrifugiren entfernt und die feuchte Masse auf etwa 60 bis 70° C. bis zur völligen Eintrocknung erhitzt. Die Thierfaser bleibt wenigstens anscheinend intact; hingegen zerstäubt Alles, was vegetabilischen Ursprungs ist, und lässt sich durch Waschen mit Wasser und geringe mechanische Bearbeitung beseitigen.

Ich habe der Carbonisirungsmethode[1] schon vor Jahren meine Aufmerksamkeit zugewandt, vornehmlich um eine merkwürdige Eigenschaft der vegetabilischen Gewebe näher kennen zu lernen, welche den Botanikern unbekannt geblieben war. Es

---

[1] Der Ausdruck „Carbonisirung" rührt davon her, dass im Fabricationsbetriebe die Temperatur, bei welcher die Zerstörung der vegetabilischen Faser vorgenommen wird, oft bis zu Graden (65° C. und darüber) steigt, bei welchen die Pflanzentheile ein kohliges Aussehen annehmen. Ich nehme die sogenannte Carbonisirung stets bei relativ niederer Temperatur vor, wobei die zerstäubte Faser in der Färbung keine Änderung erfährt. Es bildet beispielsweise eine nach meiner Methode carbonisirte Baumwolle ein schneeweisses Pulver.

gelang mir zu zeigen, dass die vegetabilische Faser ihren Zusammenhang einbüsst, während die animalische keine Änderung erfährt oder bei sorgfältiger Durchführung der Methode sogar an absoluter Festigkeit gewinnt[1]. Um der Auffassung, als würde diese Methode den Zweck haben, die Faser zu humificiren oder gar in Kohle zu verwandeln, vorzubeugen, will ich dieselbe im Nachfolgenden als Zerstäubungsmethode bezeichnen.

Ich habe schon bei den damals durchgeführten Untersuchungen darauf hingewiesen, dass die verschiedenen vegetabilischen Gewebe dem Zerstäubungsverfahren gegenüber ein verschiedenes Verhalten darbieten. Ich zeigte, dass aus reiner (oder nahezu reiner) Cellulose bestehende Gewebe, ferner alle verholzten Gewebsbestandtheile, durch die Carbonisirung zerstört werden, hingegen die peridermatischen Gewebe (z. B. der Kork) hierbei keinerlei sichtliche Veränderung erleiden[2].

Zur Zerstäubung der Gewebe benütze ich Salzsäure, und zwar einprocentige, da eine so schwache Säure zur Durchführung des Verfahrens ausreicht. Wie ich finde, kann selbst mit einer halbprocentigen Salzsäure carbonisirt werden, nur ist längere Einwirkung und wenn man rasch zerstäuben will, eine relativ hohe Trocknungstemperatur erforderlich. Hochprocentige Salzsäure, z. B. die gewöhnliche Salzsäure der Laboratorien, welche 15 bis 22 Procent reine HCl enthält, sollte für unsere Zwecke nicht angewendet werden, da dieselbe auch andere Wirkungen im Gefolge hat.

Versuche mit Leinenfaser. Wird diese Bastfaser in einprocentiger Salzsäure durch 24 Stunden liegen gelassen, sodann von der adhärirenden Flüssigkeit befreit und hierauf solange bei 50 bis 60° C. erwärmt, bis die Substanz völlig trocken geworden ist, was bei Anwendung kleiner Fasermengen schon nach 30 bis 50 Minuten erreicht ist, so zerstäubt die Faser, lässt sich beispielsweise zwischen den Fingern selbst durch leisen Druck in ein überaus feines Pulver zerreiben.

---

[1] Näheres hierüber siehe Wiesner, über das Verhalten der vegetabilischen und animalischen Faser beim Carbonisiren der Wolle und des Tuches, in Dingler's polytechn. Journal Bd. (1876), p. 454 ffd.

[2] l. c. p. 457.

Trocknet man die Faser in unverändertem Zustande bei 50 bis 60° C., ja sogar bei 100°, so lässt sie bezüglich ihres Zusammenhangs keine Veränderung bemerken. Wird sie hingegen nach 24 stündigem Liegen in einprocentiger Salzsäure an der Luft bei mittlerer Temperatur sich selbst überlassen, so wird sie brüchig. Lässt man sie 2 bis 3 Tage in einprocentiger Salzsäure, so zerstäubt sie nach der Trocknung wie eine regelrecht carbonisirte vegetabilische Substanz, woraus sich ergibt, dass die verdünnte Säure allein den Zerfall der Faser zu bewirken im Stande ist, dass aber erhöhte Temperatur den Process beschleunigt.

Ähnliches gilt bezüglich aller anderen durch unsere Methode zum Zerfall zu bringenden vegetabilischen Gewebe. Manche erfordern eine höhere als die zum Zerfallen der Leinenfaser nöthige Temperatur, um innerhalb der genannten Zeit zu zerstäuben, z. B. die Baumwolle, welche nach 24stündigem Liegen in einprocentiger Salzsäure bei 50 bis 60° C. nur unvollständig, hingegen bei 60 bis 65° C. vollständig zerstäubt.

Durch längere Einwirkung der Salzsäure, Erwärmen bei höherer Temperatur, beziehungsweise länger andauerndes Austrocknenlassen bei gewöhnlicher Temperatur hat man es in seiner Gewalt, viele vegetabilische Gewebsarten nach unserem Verfahren zur vollständigen Zerstäubung zu bringen.

Nach meinen bisherigen Erfahrungen lassen sich durch Carbonisirung leicht zerstäuben: verholzte und unverholzte Parenchyme (Hollundermark, Kartoffelparenchym etc.), Bastzellen, und zwar sowohl verholzte (z. B. Jutefaser) als unverholzte oder sehr schwach verholzte (z. B. Leinen- und Hanffaser), Holzgewebe (Tanne, Fichte, Föhre, Linde etc.), alle Arten von Meristemen und jugendlichen Geweben.

Sehr dickwandige unverholzte Gewebe, wie z. B. das Endosperm von Phytelephas, können auf die angegebene Weise nicht zerstäubt werden. Erst nach monatelanger Einwirkung der Salzsäure gelingt, nachdem die Zellen sich von einander losgelöst haben, oder durch leisen Druck von einander entfernt werden können, die Zerfällung bei 50 bis 60° C.

Hingegen konnte selbst nach monatelanger Einwirkung von einprocentiger Salzsäure auf Pilzgewebe (Fruchtkörper von

Polyporus fomentarius und andere *Polyporus*-Arten, *Daedalea quercina* etc.) und auf Periderm (gewöhnlicher Kork, Periderm der Kartoffel, Korkhäute ausdauernder *Spiraea*-Arten etc.) durch das Zerstäubungsverfahren kein merklicher Erfolg erzielt werden.

Die zu Staub gewordene Masse besteht aus kleinen Fragmenten, welche, sofern sie aus faserförmigen Elementen hervorgegangen sind, bestimmt orientirte Bruchflächen aufweisen; hingegen haben die durch den Zerfall von Parenchymzellen entstandenen Bruchstücke eine unregelmässige Begrenzung.

Die Bruchflächen der untersuchten Bastfasern (Lein-, Hanf-, Jutefaser etc.) stehen zur Zellaxe genau oder nahezu senkrecht. Die Bruchfläche ist entweder eben oder staffelförmig (häufig bei der Hanfbastzelle zu sehen) und setzt sich dann theils aus zur Zellaxe senkrechten, theils zu dieser parallelen Flächen zusammen. Die Fragmente sind oft von zahlreichen, manchmal dichtgedrängt liegenden, zur Zellaxe senkrechten Querlinien durchzogen. Auch die untersuchten Holzfasern (Tracheiden) bieten ein ähnliches Bild dar; doch sieht man nicht selten neben quergebrochenen Fasern auch solche, welche stellenweise schief gebrochen sind. Hingegen bieten die Bruchflächen der zerstäubten Baumwollenfasern ein anderes Bild dar. Sehr häufig laufen die Bruchflächen schief von der natürlichen Grenzfläche ab und schneiden sich dann meist unter nahezu rechten Winkeln. Manchmal scheint die Bruchfläche quer zu liegen; sie hat dann, wie genauere mikroskopische Untersuchung lehrt, eine Zickzackgestalt und die kleinen Bruchflächen sind so wie die früher genannten Bruchflächen orientirt. Die wahren Bruchflächen der carbonisirten Baumwollefaser stehen schief (häufig unter 45°) zur Axe.

Nur selten findet sich eine andere Anordnung der Bruchfläche vor, namentlich bei stark verdickter Faser.

Aus diesen Beobachtungen ist zu ersehen, dass in den untersuchten Bastzellen der Zusammenhang der Theilchen durch das Zerstäubungsverfahren fast ausschliesslich in querer Richtung gelöst wurde, in den untersuchten Tracheiden vorwiegend in zur Zellaxe senkrechten, aber auch in schiefer (der Streifung paralleler) Richtung, hingegen in der Baumwollenfaser fast ausschliesslich

in schiefer Richtung, welche gleichfalls jener der Streifung der Zelle entspricht.

Bei ein- oder zweimaliger Wiederholung des Zerstäubungsverfahrens an einem und demselben Objecte schreitet der Zerfall doch nur in dem angegebenen Sinne fort. Wird dieses Verfahren an einem und demselben Objecte oftmals wiederholt, so treten nach und nach auch andere Trennungen ein, ähnlich jenen, welche Chlorwasser hervorbringt und die weiter unten eingehend beschrieben sind. Da aber bei wiederholt angewendetem Zerstäubungsverfahren die Theilungen der Zellmembranen nicht in so reiner Form sich vollziehen, wie bei Anwendung von Chlorwasser, so will ich die diesbezüglichen Versuche nicht näher beschreiben.

Anscheinend geht in den dem Zerstäubungsverfahren unterworfenen Geweben keine chemische Veränderung vor sich. Die unverholzten Zellwände reagiren gegen Jodpräparate und Kupferoxydammoniak wie Cellulose, die verholzten geben mit schwefelsaurem Anilin, ferner mit Phloroglucin und Salzsäure die bekannten Holzstoffreactionen und nach Beseitigung der sogenannten Holzsubstanz die Cellulosereactionen.

Dennoch ruft das Zerstäubungsverfahren tiefgreifende chemische Veränderungen in den Zellmembranen hervor.

Einige hierauf bezügliche Untersuchungen hat auf meine Veranlassung Herr Fridolin Krasser ausgeführt. Ich theile aus seinen Aufzeichnungen Folgendes mit.

Schwedisches Filterpapier, welches sich bei der mikroskopischen Untersuchung als reine Baumwollenmasse erwies, wurde durch mehrere Stunden in destillirtem Wasser gekocht. Es gab in der ersten Zeit eine Spur löslicher Substanz ab, später nichts. Die so vorbehandelte Masse wurde bei 100° getrocknet, bis kein Gewichtsverlust stattfand. Etwa 5 Grm. dieser Substanz wurden mit einprocentiger Salzsäure bei 60 bis 65° C. der Zerstäubung unterworfen. Die zerstäubte Masse war schneeweiss. Sie wurde mit destillirtem Wasser so lange ausgekocht, bis keine Substanz mehr in Lösung ging. Sowohl die extrahirte Substanz als die rückständige Faser wurde getrocknet und gewogen. Die Menge der extrahirten Substanz betrug 13·12 Procent. In derselben liess sich durch die Fehling'sche Probe reducirender Zucker nachweisen.

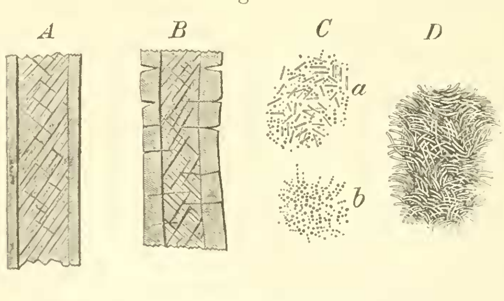
Ein ähnlicher Versuch wurde mit reinem Leinenzwirn gemacht, welcher früher durch Auskochen von allen in Wasser löslichen Bestandtheilen befreit worden war. Die Carbonisirung geschah gleichfalls mit einprocentiger Salzsäure, aber bei einer Temperatur von 50 bis 60° C. 8·183 Gramm der zerstäubten reinweissen Masse gaben an destillirtes Wasser 0·803 Substanz ab, so dass die Trockensubstanz des Extractes in diesem Falle beiläufig 10 Procent betrug. Auch in diesem Extracte liess sich reducirender Zucker nachweisen.

b) Zerlegung zerstäubter Gewebe in Dermatosomen.

1. Baumwollenfaser. Wird die zerstäubte Baumwolle auf den Objectträger in einem Tropfen gewöhnlicher Salzsäure eingelegt und mittelst des Deckglases schwach gequetscht, so bietet sie ein ähnliches Bild dar wie die sonst unverändert gebliebene und gequetschte Faser, nur treten die Sprunglinien viel reichlicher auf und erscheint die Faser in zu diesen Sprunglinien paralleler Richtung gestreift.

Lässt man die Säure längere Zeit, etwa 15 bis 20 Minuten einwirken und verstärkt man den Druck, so zerfällt die Faser in zahlreiche parallel gestreifte und reichlich durchklüftete Fragmente, welche vielfach in kurze überaus feine Fäserchen zertheilt erscheinen. Diese letztgenannten Fäserchen sind weiteren

Fig. 1.



Vergr. 600. Zerstäubte Baumwolle. *A* nach Behandlung mit Salzsäure. *B* nach Behandlung mit Kalilauge. *C* gequetscht. *a* nach Vorbehandlung der zerstäubten Baumwolle mit Salzsäure. *b* mit Kalilauge. *b* besteht bloss aus Dermatosomen und homogener Grundmasse; in *a* sind die Dermatosomen noch vielfach zu Fibrillen vereinigt. *D* gechlorte Baumwolle, durch leisen Druck in Fibrillen zerlegt.

mechanischen Angriffen gegenüber ziemlich resistent, zerfallen aber dennoch stellenweise der Länge nach in kleine Körnchen, welche in einer homogenen gelatinösen Masse eingebettet liegen. Letztere färbt sich auf Zusatz von Chlorzinkjod lebhaft violett, während die darinliegenden Körnchen und Fäserchen viel weniger deutlich (violett) gefärbt werden.

Ein anderes Verhalten der carbonisirten Faser gibt sich bei Anwendung concentrirter Kalilauge zu erkennen. Wie vielfach die Fragmente dieser Fasern auch durch die früher genannten Sprunglinien zerklüftet sein mögen, es treten nunmehr neue Zerklüftungen auf, welche die Faser quer oder nahezu quer durchsetzen. Bei aufmerksamer Beobachtung erkennt man, dass durch die Kalilauge innerhalb der Zellmembran andere Bindungen der Theilchen gelöst werden, als durch die Zerstäubung, beziehungsweise durch die Salzsäure, welche, wie wir gesehen haben, diejenigen Bindungen — nur viel reichlicher — aufhebt, welche durch das Zerstäubungsverfahren aufgelöst worden sind. Lässt man die Kalilauge gleichfalls durch 15 bis 20 Minuten auf die carbonisirte Baumwolle wirken, und quetscht man nach vorherigem Auswaschen mit Wasser, um die weitere Einwirkung des Kali auszuschliessen, mittelst des Deckglases, so zerfällt die ganze Faser in überaus kleine Körnchen, welche in einer homogenen Schleimmasse eingebettet sind. Durch wiederholte Druckwirkungen lässt sich eine weitere Theilung der Körnchen nicht erzielen, vor Allem gelingt es nicht, dieselben in eine homogene Schleimmasse zu verwandeln. Körnchen und Schleimmasse verhalten sich dem Chlorzinkjod gegenüber wie in dem früher beschriebenen Falle.

Die durch den Druck nach vorheriger Behandlung mit Reagentien erhaltenen Körnchen bilden gegenüber der schleimigen Substanz die Hauptmasse.

Ich will jetzt gleich bemerken, dass ich diese Körnchen aus allen bis jetzt von mir untersuchten Zellmembranen[1] abgeschieden habe. Bei stärkster Vergrösserung gesehen erscheinen dieselben als rundliche Gebilde, deren nähere Gestaltverhältnisse

[1] Mit Ausnahme jener der untersuchten Pilzgewebe, über welche weiter unten nähere Angaben folgen

derzeit kaum zu ermitteln sein dürften, da dieselben zumeist an der Grenze deutlicher mikroskopischer Wahrnehmung liegen. Dieselben bilden nicht ein zufällig entstandenes Zerfällungsproduct der Zellmembran etwa vergleichbar dem Sägemehl eines Holzes oder einer durch Zerstossung erhältlichen staubigen Masse, sondern sind organisirte Körperchen, welche an dem Aufbau der Zellhaut wesentlichen Antheil nehmen. Dies näher zu begründen, ihre gegenseitige Bindung zu erklären und ihre Beziehung zu analogen Bildungen des Protoplasmas darzulegen, bildet eine der Hauptaufgaben, welche ich in dieser Abhandlung zu lösen versuchen werde. Ich schlage für diese Körperchen den Namen Dermatosomen vor.

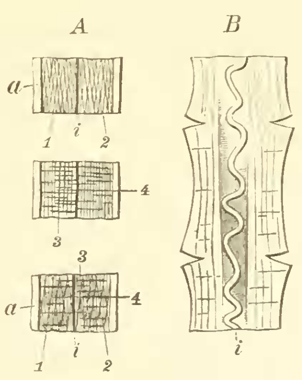
Ich zweifle nicht, dass diese Dermatosomen schon oft gesehen worden sind. Denn jene überaus feinen Körnchen, welche bei der Fäulniss und bei anderweitigen Zersetzungen aus den festen Theilen der Zellen entstehen und welche den „Gewebsdetritus" constituiren, sind vornehmlich Dermatosomen vielfach untermengt mit Mikroorganismen und wahrscheinlich noch mit anderen kleinen, gleichfalls an der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung gelegenen, dem Zellinhalte entstammenden Theilchen.

Ich möchte auch nicht bezweifeln, dass diese Dermatosomen und kleine Gruppen derselben häufig für Mikrokokken und Bacterien gehalten wurden und dass die in neuerer Zeit wieder aufgetauchte Behauptung, aus Gewebezellen höherer Organismen könnten Spaltpilze hervorgehen, auf einer Verwechslung dieser mit Dermatosomen und analogen Gebilden des Protoplasma beruhen. Ich habe Dermatosomenpräparate, welche entweder bloss aus diesen oder aus diesen und stäbchenförmigen Körnchengruppen bestanden, mehreren in Bacterienfragen wohlbewanderten Personen mit der Frage vorgelegt, wofür sie diese Gebilde halten und durchwegs die Antwort erhalten, dass dieselben von Schizomycetenarten kleinster Art dem Aussehen nach nicht zu unterscheiden wären. Ich führe dies nur an, um zu zeigen, wie leicht bei einfacher Betrachtung eine Verwechslung der Dermatosomen mit Bacterien möglich ist, und brauche wohl nicht hinzuzufügen, wie leicht es durch die vorgeschrittenen Züchtungsmethoden geworden ist, sich vor Irrthümern zu bewahren.

Ich möchte hier noch auf ein Verfahren aufmerksam machen, durch welches es noch viel leichter als durch Kalilauge gelingt, die Baumwollenfasern in Dermatosomen zu zerlegen. Wird die carbonisirte Baumwolle wochenlang der Einwirkung von Chlorwasser ausgesetzt und hierauf unter Mikroskop betrachtet, so bietet sie kein anderes Bild dar als eine fast unverändert gebliebene Faser. Aber schon durch leisen Druck zerfällt sie in gestreift aussehende Bruchstücke, welche selbst bei schwacher Quetschung mittelst des Deckgläschens in Fibrillen und schliesslich in Dermatosomen zerfallen (Fig. 1, *D*).

2. Leinenfaser. Weniger leicht erfolgt die Zerlegung der zerstäubten Leinenfaser in Dermatosomen. Die Fragmente dieser so vorbehandelten Fasern erscheinen quer abgebrochen, sind reichlich von Querlinien und querverlaufenden Spalten durchsetzt. der Länge nach infolge partieller Loslösung der sogenannten Verdickungsschichten gestreift und hin und wieder von sehr steil ansteigenden Klüften durchzogen. Im Wasser quillt diese Faser sehr wenig, durch Druck stellt sich eine reichliche Zerklüftung und Zerfaserung der mittleren Partien der Zellwand ein, während die äusseren Partien unverändert bleiben, gewissermassen eine homogene Hüllschichte bildend, desgleichen die innerste

Fig. 2.



Vergröss. 600. Leinenfaser. *A* zerstäubt und gequetscht; *B* zerstäubt und mit Kali behandelt. *a* Dichte Aussenschichte. *i* Innenhaut. 1 bis 4 Richtungen der Sprunglinien.

Zellwandschichte (Innenhaut). Die zerklüftete Partie lässt vier Schichtungsrichtungen erkennen: eine parallel zur Axe, die zweite senkrecht hiezu, die dritte und vierte nach steil ansteigenden, sich kreuzenden Schraubenlinien.

In der Regel sieht man an den einzelnen Fragmenten nur zweierlei Streifen: entweder Längs- und Querstreifen oder sich kreuzende schiefe Streifen.

In gewöhnlicher Salzsäure quillt die Faser auf, die Längsstreifen treten deutlicher hervor, desgleichen die schraubig verlaufenden Spalten. An den Stellen, wo die queren Spaltflächen liegen, quillt die umliegende Wandpartie auf und erhält ein knotiges Aussehen, wie es manchmal auch an der rohen, deutlicher noch an stark gedreht gewesenen Leinenfasern zu sehen ist. Auch eine zarte, sehr steil verlaufende schraubige Streifung wird erkennbar.

Stärker quillt die carbonisirte Leinenfaser in Kalilauge auf, die äussersten Wandpartien reissen, sich nach aussen concav krümmend, von der Querbruchfläche aus auf. Die Innenhaut hebt sich von der Umgebung ab und erscheint als ein hin- und hergewundener Schlauch. (Fig. 2 *Bi*)[1]

Quetscht man das Salzsäurepräparat, so gelingt der Zerfall in Fibrillen und in Dermatosomen. Auch entsteht eine homogene Masse, in welcher die Fibrillen und Körnchen liegen und die sich durch Chlorzinkjod stärker als die beiden letzteren violett färbt. Doch bleiben noch immer einzelne Faserfragmente ungelöst zurück, welche den äusseren Wandpartien entsprechen.

Nur sehr unvollkommen lässt sich das Kalipräparat durch Quetschung in Dermatosomen zerlegen.

Die reinsten Präparate gewinnt man, wenn man abwechselnd mit Salzsäure und Kali behandelt, jedesmal sorgfältig auswäscht und schliesslich erst die Quetschung vornimmt oder wenn man 2- bis 3mal carbonisirt und dann mit Kali behandelt.

---

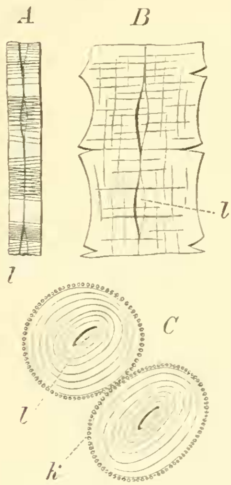
[1] Die scheinbare Verlängerung der Innenhaut inmitten der gequollenen Bastfaser (Fig. 2 $B_1 i$) lehrt, dass diese an der bei der Quellung der Faser sich einstellenden, von Höhnel zuerst genauer beschriebenen und erklärten Verkürzung der Schichten nicht Antheil nimmt oder doch nicht in dem Masse, wie die benachbarten Schichten. (Vergl. Höhnel, bot. Zeit. 1882 p. 595 ff.)

3. Jutefaser. Auch verholzte Bastfasern lassen sich durch Zerstäubung und hierauf folgende Behandlung mit Salzsäure und Kalilauge durch Druck in Dermatosomen und homogenen Schleim zerlegen, wie die mit Jute angestellten Versuche lehren.

Am besten ist es auch in diesem Falle, zuerst Salzsäure und nach erfolgtem Auswaschen mittelst Wasser Kali einwirken zu lassen.

Eine sehr bemerkenswerthe Besonderheit zeigt sich nach Einwirkung von Kalilauge und hierauf folgender Quetschung. Die bedeutend aufquellende, schon infolge der Carbonisirung stark der Quere nach zerklüftete Faser zerfällt in Querscheiben, wie sich solche durch Querschnitte nicht vollkommener herstellen lassen. (Fig. 3C.) Die äusserste Schichte dieser Querscheiben erscheint grobgekörnt. Schon die Grösse dieser Körnchen macht es unwahrscheinlich, dass sie Dermatosomen seien. Dieselben sind zweifellos grössere Gruppen von Dermatosomen, denn sie zerfallen nach weiterer Einwirkung von Reagentien und Druck thatsächlich in Körnchen, welche mit den übrigen Dermatosomen in Grösse, Form und Aussehen übereinstimmen. Die inneren Partien dieser Scheiben sind sehr deutlich geschichtet. Dieser merkwürdige Zerfall der Jutefaser nach der Quetschung in zarte Querplatten macht es wahrscheinlich, dass die Dermatosomen dieser Bastzellen in der Querrichtung bedeutend stärker als in der Längsrichtung gebunden sind, eine Eigenthümlichkeit, welche, wenn auch nicht in so ausgesprochener Weise allen untersuchten Bastfasern zukömmt.

Fig. 3.



Zerstäubte Jutefaser. *A* Vergr. 200, mit zahlreichen Querlinien, *B* und *C*. Vergr. 600. Nach Behandlung mit Kali. *C* Durch Quetschung entstandene Querscheiben. *l* Lumen der Zellen. *K* Körnchen (Gruppen von Dermatosomen), in welche die Mittellamellen zerfielen.

4. Hollundermark lässt sich durch dasselbe Verfahren wie die Jute in Dermatosomen und homogen erscheinenden Schleim zerlegen. Doch darf die Wirkung der Kalilauge nicht zu lange andauern, da die ersteren bald stark quellen und sich lösen. Ich habe die besten Resultate erzielt, wenn ich das zerstäubte Gewebe zuerst durch einige (3 bis 5) Minuten mit Kalilauge behandelte, sodann mit Wasser auswusch, Salzsäure einwirken liess und nunmehr erst drückte.

5. Holz. Die Zerlegung der Tracheiden in Dermatosomen erfordert noch mehr Sorgfalt als die der früher genannten Gewebsbestandtheile und gelingt nicht oder nur sehr unvollständig, wenn die Einwirkung der hiezu erforderlichen Reagentien (Kalilauge und Salzsäure) zu kurz oder zu lang anwährte, indem im ersteren Falle die Aufhebung der die Dermatosomen vereinigenden Bindung zu unvollständig ist, im letzteren Falle die Dermatosomen selbst angegriffen und schliesslich gelöst werden.

Nach vielen mit Fichtenholz angestellten Versuchen zu schliessen, gelangt man noch am besten an's Ziel, wenn man das Holz 2 bis 3 Mal carbonisirt und hierauf etwa 3 bis 4 Mal hintereinander mit Kali (durch 1 Minute) und mit Salzsäure (durch 2 bis 3 Minuten) behandelt, bevor es der Druckwirkung ausgesetzt wird. Nach jeder Einwirkung des Reagens muss mit Wasser ausgewaschen werden.

Ich möchte an dieser Stelle noch bemerken, dass die Zerlegung der Zellwand in Dermatosomen bei Anwendung homogener Gewebe, z. B. Hollundermark, oder gleichartiger Zellen, z. B. Baumwolle, Bastfasern, besser gelingt, als wenn Gewebe vorliegen, welche aus verschiedenen Elementen bestehen, wie z. B. Holz. Bei diesem kann es leicht geschehen, dass die Tracheiden schon in Dermatosomen zerfallen, während Markstrahlen und Holzparenchym durch die vorgenommenen Proceduren noch nicht so weit angegriffen sind, um sich in die genannten Elemente zerlegen zu lassen. Geht aber die Wirkung der Reagentien weiter, so werden die Dermatosomen gelöst. Dies ist der Hauptgrund, wesshalb derartige Gewebe nur selten so klare Dermatosomenpräparate liefern als gleichartige Zellen.

c) Zerlegung der Zellwände in Dermatosomen ohne Anwendung der Zerstäubung.

Ich habe diese eben mitgetheilten Versuchsergebnisse in den Vordergrund gestellt, weil in denselben die zwischen den Dermatosomen befindlichen Bindungen der Reihe nach durch verschiedene Proceduren aufgehoben werden.

Es gelingt aber in den meisten Fällen, selbst in jenen, in welchen sich die Zerstäubungsmethode ganz unwirksam erweist, eine Zerlegung der Wand in Dermatosomen durch ein und dasselbe Reagens zuwegezubringen.

Solche Reagentien sind Chromsäure [1] und Chlorwasser. Beide lösen schliesslich jede vegetabilische Zellwand bis auf gewisse Mineralbestandtheile (Kieselsäure etc.) vollständig auf, die erstere nach kürzerer, das letztere nach längerer Zeit. Es ist aber auch lange bekannt, dass diese beiden Reagentien die Bestandtheile der vegetabilischen Zellwand in verschiedenem Grade angreifen und einen nach den anderen in gelöste Producte überführen. Darauf beruht ja unter Anderem der Zerfall der Gewebe in Zellen, ferner die Reindarstellung der Cellulose aus Geweben durch diese Reagentien, indem dieser Stoff der oxydirenden Wirkung der Chromsäure und des Chlors mehr Widerstand leistet als die übrigen Zellhautbestandtheile.

---

[1] Ich wende die Chromsäure seit langer Zeit an und habe über dieselbe als mikrochemisches Reagens zuerst im Jahre 1864 (Unters. über die Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre. Sitzb. der kais. Ak. der Wiss., Bd. 49) berichtet. Es ist aber nicht chemischreine, sondern mit Schwefelsäure (oder einer anderen Mineralsäure, welche mit Chromoxyd lösliche Salze bildet) versetzte Chromsäure, welche (behufs Hervorrufung von Schichtung der Zellmembranen und Stärkekörnchen, Isolirung der Zellen eines Gewebes etc.) so treffliche Dienste leistet (Vergl. hierüber Wiesner, techn. Mikroskopie, 1867, pag. 38), also dasselbe Reagens, welches jüngsthin Leitgeb (Bau und Entwicklung der Sporenhäute, Graz, 1881) als „Chromschwefelsäure“ mit so gutem Erfolge angewendet hat. Am zuletzt angezeigten Orte sagte ich bezüglich der Darstellung dieses Reagens: „Reine Chromsäure bringt die zu erzielenden Veränderungen nicht hervor, wohl aber ein Gemisch von Chromsäure und Schwefelsäure, das man am einfachsten durch Mischen von doppeltchromsaurem Kali mit überschüssig zugesetzter Schwefelsäure erhält.“ Genaueres über die Methode der Darstellung a. a. O.

Gerade dieser Umstand veranlasste mich, diese beiden Reagentien zu dem genannten Zwecke anzuwenden.

Die Chromsäure ist im Ganzen wegen ihrer raschen und intensiven Wirkung zu den Zerlegungsversuchen weniger geeignet als das Chlorwasser, dennoch insoferne wieder brauchbar, weil sie eine Reihe von Erscheinungen, welche auf Aufhebung der in der Zellwand vorhandenen Bindungen der Dermatosomen beruhen, rasch und übersichtlich vor Augen führt.

Anfangs wirkt die Chromsäure so wie die Zerstäubung, was besonders an Bastzellen und Tracheiden sehr schön zu sehen ist. Dass diese Zellen durch das Zerstäubungsverfahren der Quere nach zerklüftet werden, was sich häufig zunächst in einer überaus reichlich auftretenden Querstreifung zu erkennen gibt, ist früher auseinandergesetzt worden. Eine gleiche Veränderung ruft auch die Chromsäure hervor. Es wird wohl auch Jedem, welcher durch Chromsäure Bastbündel oder Holz in die Elemente zerlegt hat, aufgefallen sein, wie leicht die aus dem Verbande tretenden Fasern der Quere nach brechen, gewissermassen von selbst. Die spätere Wirkung der Chromsäure entspricht der oben charakterisirten Wirkung der Salzsäure und des Kali. Es spricht sich dies bei Bastzellen und Tracheiden in einer schraubigen Streifung und später schraubigen Zerklüftung der Wand aus. In diesem Zustande lässt sich die Faser durch Druck in Dermatosomen zerlegen, einige Minuten später zerfliesst aber dieselbe.

Das Chlorwasser muss wochenlang einwirken, um eine Zerlegung der Zellen durch Druck in Dermatosomen möglich zu machen. Aber noch bevor die Wirkung des Chlorwassers so weit fortgeschritten ist, kann man durch Kalilauge und Druck die Zellhaut in Dermatosomen zerlegen.

Das Chlorwasser wirkt also successive in derselben Weise auf die Zellwand ein, wie hintereinander Zerstäubung, Salzsäure und Kali, ja, wie wir gleich sehen werden, es lassen sich selbst aus den Zellwänden mancher Gewebe, welchen gegenüber die Zerstäubungsmethode wirkungslos ist, durch Chlorwasser die genannten Hautkörperchen isoliren.

Ist diese Chlorungsmethode auch langwierig, so gibt es doch bei genauer Beobachtung der in den Zellwänden vor sich gehenden Veränderungen kein Verfahren, welches, soweit meine

bisherigen Erfahrungen reichen, die Zusammensetzung der Zellhaut aus Dermatosomen deutlicher machen würde als dieses.

Aus meinen zahlreichen diesbezüglichen Beobachtungen wähle ich hier nur die instructivsten heraus, zunächst diejenigen, welche sich auf Zellwände beziehen, die durch das Zerstäubungsverfahren auf den Zerfall in Dermatosomen vorbereitet werden können, bemerke aber, dass die betreffenden Zellen oder Gewebe ohne vorhergehende Zerstäubung der Wirkung des Chlors unterworfen wurden.

Hanffaser wurde in nahezu gesättigtes Chlorwasser eingelegt und von Zeit zu Zeit, wenn die Intensität des Geruches der Flüssigkeit stark abgenommen hatte, mit frischem Reagens behandelt. Nach einigen Tagen waren die Bastzellen isolirt, der Quere nach reichlich gestreift, desgleichen der Länge nach, aber nicht so reichlich. Später zeigte sich die Zellwand in den äussersten Schichten vollkommen erhalten, im Innern erschien die Innenhaut scharf abgegrenzt, und zwischen diesen beiden dicht und gänzlich homogen erscheinenden Membranschichten zeigte sich eine gleichartige, flüssige oder gelatinöse, von einem zarten Netzwerke durchzogene Masse. Bei weiterer Einwirkung des Reagens verschwand das Netzwerk. Behandelt man nunmehr mit Chlorzinkjodlösung, so wird die Zwischenmasse intensiv, die dichte Hülle und die Innenhaut nur schwach violett gefärbt. Später löst sich die erstere auf, desgleichen die Zwischenmasse, und man findet von den Bastzellen nichts anderes als die Innenhäute, welche anfänglich durch Chlorzinkjodlösung noch violett werden, dann ein feinkörniges Gefüge annehmen, in diesem Zustande aber durch Chlorzinkjod nicht mehr violett zu färben sind und schliesslich im Chlorwasser sich auflösen.

Solange noch feste Theile in der Zellhaut erkennbar sind, lassen sich dieselben durch Druck in Dermatosomen zerlegen, auch das früher genannte feine Netzwerk. Man muss aber darauf achten, dass das Chlorwasser nicht zu lange einwirkt, weil sonst die ausserordentlich zart gewordenen Membranschichten durch Druck nur mehr eine homogene Masse liefern, in welcher nur noch die Dermatosomen der äussersten und innersten Zellwandschichte zu sehen sind, die der übrigen Zellhauttheile aber so weit aufquollen und wahrscheinlich auch chemisch verändert

wurden, dass sie durch Druck zu einer homogenen oder nur sehr undeutlichen körnigen Masse werden.

Die relativ leichte Zerstörung der mittleren Verdickungsschichten durch das Chlor lässt annehmen, dass die äussersten und innersten Zellwandschichten dichter als die mittleren gefügt sind, mit anderen Worten, dass dort die Dermatosomen dichter neben einanderstehen als hier. Das Netzgerüst, welches an Stelle der mittleren Verdickungsschichten erscheint, deutet wohl auf eine netzförmig fibrilläre Structur innerhalb der Wand und auf einen verschieden dichten Bau der (mittleren) Verdickungsmasse, in dem Sinne, dass die dem Netzwerke entsprechenden Zellhautpartien eine dichtere Fügung besitzen als die benachbarten Hautantheile.

Die Leinenfaser bietet im Ganzen die gleichen Verhältnisse dar. Die Jutefaser lässt wegen der ungleichmässigen Verdickung der Zellwand die Innenhaut besonders deutlich hervortreten. Ein Netzwerk konnte an den Jutebastzellen, wahrscheinlich infolge ausserordentlicher Zartheit der Theile, nicht beobachtet werden. Ich möchte nur noch bezüglich dieser Zellen bemerken, dass sie bei anfänglicher Wirkung des Reagens eine reichliche Querstreifung zu erkennen geben.

Fichtenholz wird in Chlorwasser schon nach einigen Minuten bräunlich, nach 24 Stunden tiefbraun; nach 3—10 Tagen entfärbt es sich wieder, so dass es sich ähnlich verhält, wie an der Atmosphäre, wo es von Zeit zu Zeit durchnässt und der fortwährenden Wirkung des Sauerstoffes ausgesetzt, auch dunkelbraun wird und sich wieder entfärbt, um schliesslich gebleicht zu werden (Erscheinung der „Vergrauung“ [1]). Wäscht man die durch das Chlor entfärbten Gewebestücke aus, so findet man, dass die Zellwände die Holzstoffreaction nicht mehr zu erkennen geben, aber noch im gegenseitigen Verbande stehen. Auf Zusatz von Kalilauge zerfällt unter starker Braunfärbung der Flüssigkeit das Gewebe in Zellen.

Lässt man das Chlorwasser wochenlange einwirken, so gehen die Zellen aus dem Verbande und es bleiben schliesslich nur die Innenhäute der Zellen zurück, welche dem Chlor einen

[1] Wiesner, Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre, l. c. p. 5 ff.

grossen Widerstand entgegensetzen, aber schliesslich doch der Wirkung des Reagens verfallen. Auf das Verhalten der Innenhaut der Holzmarkstrahlenzellen komme ich weiter unten noch zurück.

Zur Zeit der Isolirung der Tracheiden brechen diese der Quere nach sehr leicht, zeigen eine deutliche schraubige Streifung, durch Druck zerfallen sie in Dermatosomen und homogene Grundmasse.

Häufig beobachtete ich an Tracheiden, welche lange Zeit der Einwirkung des Chlorwassers ausgesetzt waren, dass — ähnlich wie bei den Bastzellen des Hanfes und des Flachses — die äusserste und innerste Schichte noch im Zusammenhange blieben, dazwischen eine weiche Masse sichtbar wurde, welche von einem zarten Fibrillennetze durchzogen war.

Hollundermark wird durch Chlorwasser gleichfalls gebräunt, später entfärbt, auf Zusatz von Kalilauge gebräunt, wobei die braune Substanz in Lösung geht und in ähnlicher Weise scheinen sich alle verholzten Gewebe zu verhalten.

Nach der Entfärbung bildet das Gewebe noch ein zusammenhängendes Ganze, zeigt aber nicht mehr die Holzstoffreaction. Auf Kalizusatz gehen alle Zellen augenblicklich aus dem Verbande.

Die Isolirung der Zellen erfolgt aber auch durch Chlorwasser allein, wozu meist eine mehrere Wochen andauernde Einwirkung erforderlich ist. Aber selbst in diesem Zustande bestehen die Zellwände noch nicht aus reiner Cellulose, indem sie durch Kali goldgelb gefärbt werden.

Isolirt zerfallen sie durch Druck in überaus feine Körnchen. Gelingt die Zerlegung der Wand in Körnchen noch nicht, so muss Kali zugesetzt und der Druck wiederholt werden, oder aber man muss das Chlorwasser noch weiter einwirken lassen.

Korkgewebe. (Versuche mit gewöhnlichem Flaschenkork.) Es ist schon erwähnt worden, dass das Zerstäubungsverfahren diesem Gewebe gegenüber sich wirkungslos erweist. Selbst nach einjähriger Einwirkung oftmals erneuerter einprocentiger Salzsäure bleiben die Peridermzellen im dichtesten Verbande und ist die Carbonisirung wirkungslos.

Legt man Korkgewebe in Chlorwasser ein, so sieht man, dass alsbald die Sklerenchymelemente entfärbt werden und als-

bald aus dem Zusammenhange treten. Viel später — nach zwei bis drei Wochen — zeigen die Peridermzellen eine helle Färbung, werden weiss, hängen aber noch innig zusammen. Auf Zusatz von Kalilauge tritt auch hier, wie bei Hollundermark und Holzgewebe ein augenblicklicher Zerfall des Gewebes in seine zelligen Elemente ein.

Nach monatelanger Einwirkung von Chlorwasser isolirt dieses schliesslich alle Elemente. In dieser Zeit ist von den Sklerenchymzellen (Steinzellen) nichts als die Innenhaut übrig geblieben, in Form eines zierlichen festausgespannten Sackes, der mit feinen stachelförmigen Aussackungen besetzt ist.

Die isolirten Korkzellen können ähnlich den Hollundermarkzellen durch Druck in Dermatosomen zerlegt werden, entweder sofort, wenn nämlich die Wirkung des Chlors genügend fortgeschritten ist, oder unter Mitwirkung von Kalilauge, in jedem Falle aber nach vorausgegangenem Drucke.

Pilzgewebe. Dass auch die Membranen der Pilzhyphen dem Zerstäubungsverfahren Widerstand leisten, ist bereits erwähnt worden. Ein Gleiches gilt für die Flechtenhyphen, also für den Pilzantheil des Flechtenthallus, nach Beobachtungen, welche Herr Dr. Forsell im pflanzenphysiologischen Institute anstellte.

Der Einwirkung des Chlors, als Chlorwasser angewendet, leisten die Pilzhyphen einen Widerstand, der nach meinen Erfahrungen unter den Pflanzengeweben nicht seinesgleichen hat. Nach monatelanger Behandlung mit Chlorwasser wird das Hyphengewebe des Fruchtkörpers von *Polyporus fomentarius* nur wenig angegriffen, wenn das Gewebe des Bastes (von Flachs, Hanf etc.) des Holzes (Fichte etc.), wenn Parenchym- und Sklerenchymgewebe der verschiedensten Art durch das Reagens vollkommen gelöst worden sind. Von dem genannten Gewebe findet sich nach monatelanger Einwirkung des Chlorwassers eine voluminöse Schleimmasse vor, welche aus mässig gequollenen, sonst aber wenig verändert erscheinenden Hyphen zusammengesetzt ist, in welchen die Innenhäute mit ausserordentlicher Schärfe hervortreten.[1] Die über der Schleimmasse stehende trübe

[1] Bekanntlich ist die Verdickung der Hyphen des *Polyporus fomentarius* eine so starke, dass das Lumen der unveränderten Zellen stellen-

Flüssigkeit enthält aber Reste des Pilzgewebes: feine Körnchen und mehr minder lange Stücke der Innenhaut. Man wäre geneigt, die ersteren für Dermatosomen zu halten, sie sind aber Zerfällungsproducte der Innenhaut, wie ich später noch genauer darlegen werde.

Die Pilzzellwand lässt direct die Cellulosereactionen gegen Jodpräparate und Kupferoxydammoniak nicht erkennen und man glaubte lange, dass in der Pilzzellwand diese Reactionen gar nicht hervorzurufen sind, woraus man auf die Gegenwart einer besonderen Modification der Cellulose (Pilzcellulose) schloss. Es ist aber in meinem Laboratorium von Karl Richter gezeigt worden, dass durch länger andauernde Behandlung mit Kalilösung sich Substanzen aus den Pilzzellwänden extrahiren lassen, welche die Cellulosereactionen verhindern, indem nach dieser Vorbehandlung die Pilzzellwand ebenso durch Chlorzinkjod violett gefärbt und durch Kupferoxydammoniak in Lösung übergeführt wird, wie etwa eine Holzzellwand, nachdem man durch passende Reagentien das Lignin beseitigt hat.

Lässt man das Pilzgewebe durch 2—3 Wochen im Chlorwasser liegen, so werden die Hyphen durch Chlorzinkjod violett, durch Kali, ähnlich wie viele andere gechlorte Gewebe (Hollundermark, Holz, Kork) gebräunt. In diesem Stadium der Einwirkung des Chlors auf die Pilzzellwand nimmt dieselbe auf Zusatz von Salzsäure oder Chromsäure deutliche, oft überaus scharf hervortretende Schichtung an. Eine Zerlegung in Dermatosomen ist weder durch Salzsäure, noch durch Kali, auch nicht durch abwechselnde Einwirkung beider dieser Reagentien hervorzubringen.

Lässt man das Chlorwasser noch länger einwirken, so verliert die Hyphe nach und nach das Vermögen, durch Chlorzinkjod violett gefärbt zu werden. Salzsäure ruft dann noch undeutliche Schichtung, sonst aber keine sichtliche Veränderung hervor. Hingegen werden die Hyphen in diesem Stadium der

---

weise nicht zu erkennen ist und die Zelle an diesen Orten solid erscheint. (Vgl. de Bary, Morphologie und Biologie der Pilze, Leipzig 1884, pag. 13.) Nach der Behandlung mit Chlorwasser sieht man aber die Innenhaut als ununterbrochenen Schlauch durch die Zelle ziehen, woraus sich also ergibt, dass die Hyphen an keiner Stelle factisch solid sind.

Einwirkung des Chlorwassers durch Kalilauge bis auf die Innenhaut fast augenblicklich aufgelöst, diese zerfällt in zahllose Querstücke, welche den Eindruck von Dermatosomen machen. In gleicher Weise wirkt (englische) Schwefelsäure. Die gechlorten Fasern lassen aber auch auf dieser Stufe weder direct, noch nach Einwirkung der verschiedensten Reagentien und darauffolgendem Drucke Dermatosomen erkennen, sondern die ganze Masse verwandelt sich, von der Innenhaut abgesehen, in einen homogen erscheinenden Schleim. Nachdem die Pilzzellwand analog den Zellhäuten der anderen Pflanzengewebe gebaut anzunehmen ist, diese aber, soweit meine Erfahrungen reichen, sich stets in Dermatosomen zerlegen lassen, die freilich oft an der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung liegen, so erscheint die Vermuthung berechtigt, dass auch die Pilzzellwand aus Dermatosomen bestehe, welche sich aber ihrer Kleinheit wegen der directen Beobachtung entziehen.

Die früher genannten Querstücke, in welche die Innenhäute der Hyphen zerfallen, sind trotz ihrer Kleinheit nicht als Dermatosomen aufzufassen, haben die Gestalt von kurzen Hohlcylindern und möchten wohl als Gruppen von Dermatosomen aufzufassen sein, welche untereinander fester gebunden sind als mit Nachbargruppen und die sich desshalb von einander loslösten.

Analoge mit den Hyphen des Fruchtkörpers von *Daedalea quercina* angestellte Versuche gaben im Wesentlichen dieselben Resultate; auch hier konnten Dermatosomen nicht nachgewiesen werden.

Es liessen sich also, abgesehen von den Pilzgeweben, die Wände aller übrigen untersuchten Gewebe in Dermatosomen zerlegen. Dieselben treten aber nur dann in Erscheinung, wenn sie aus dem gegenseitigen Verbande gelöst sind. Die Loslösung geschah erstlich durch chemische Eingriffe, sodann durch mechanische Trennung. Dass selbst die gechlorten Zellwände, in welchen die Aufhebung der Bindungen sehr langsam erfolgt, einem — wenngleich nur schwachen — Drucke unterworfen werden müssen, damit die Dermatosomen frei werden, hat wohl seinen Grund darin, dass die Substanz, welche diese Hautkörperchen bindet, schliesslich in den Löslichkeitsverhältnissen mit der Dermatosomsubstanz selbst übereinstimmt und dann

wohl nichts Anderes als gereinigte Cellulose ist. Wirken Chlorwasser oder Chromsäure, oder nach vorhergegangener Zerstäubung, Salzsäure und Kali weiter ein, so werden die Bindesubstanzen aufgelöst und gleichzeitig die Dermatosomen selbst angegriffen.

II. Aussenhaut (Mittellamelle) und Innenhaut der Zellwand.

Die älteren Anatomen unterschieden als Bestandtheile der Zellwand ausser den sogenannten Verdickungsschichten (secundären Schichten) noch eine äussere und eine innere homogene Zellschichte, die primäre und die tertiäre Zellhaut. Unter letzterer verstand man wohl auch Verdickungsschichten, welche in der Ausbildungsweise mit den secundären Schichten nicht übereinstimmten. Die homogen erscheinende innerste Zellwandschichte, und nur um diese handelt es sich hier, ist zuerst genauer von Schacht[1] untersucht und als „Innenhäutchen" bezeichnet worden.

Die primäre Zellwand wurde später unter verschiedenen Titeln, am häufigsten als Mittellamelle, beschrieben und ist so ziemlich allgemein als ein nie fehlender Bestandtheil von im Gewebeverbande befindlichen Pflanzenzellen aufgefasst worden, während das Innenhäutchen fast der Vergessenheit anheimfiel, hauptsächlich wohl deshalb, weil es früher als wesentliche Stütze der Appositionstheorie herangezogen wurde.

Ich habe vor mehr als zwei Decennien eine einfache Methode zur Freilegung der Innenhaut angegeben und seither deren Existenz stets betont[2], was später auch durch in meinem Laboratorium ausgeführte Arbeiten geschehen ist, so durch Mikosch, und besonders durch Pfurtscheller[3], welcher auf meine Anregung diesen Zellwandbestandtheil genauer studirte und die Methode zur Isolirung desselben wesentlich vervollkommnete.

---

[1] Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse, I. pag. 30, ff.

[2] Vergl. hauptsächlich meine „technische Mikroskopie", pag. 53 (daselbst eine Abbildung einer durch Chromsäure freigelegten Innenhaut), ferner pag. 108, 110 etc. Sodann: Wiesner, Elemente der Anatomie und Physiologie der Pflanzen.

[3] Über die Innenhaut d. Pflanzenzelle. Gymnasialprogramm. Wien, 1883

Im Übrigen ist von der Existenz der Innenhaut wenig Notiz genommen worden, doch, wie ich glaube, mit Unrecht; denn sie bildet einen nicht minder scharf ausgeprägten Theil der Zellhaut wie die Mittellamelle und dürfte wohl auch in Betreff der Verbreitung in den Geweben dieser kaum nachstehen.

Aussenhaut (Mittellamelle)[1]. Ich will bezüglich dieses Zellwandbestandtheiles bloss die oft ventilirte Frage erörtern, ob diese Haut einfach oder doppelt ist. Nach der herrschenden Lehre ist ersteres der Fall; sie wird als eine einfache, homogene, zwei benachbarten Zellen gemeinschaftliche Schichte angesehen.

Gelegentlich einer Erörterung dieser Frage stimmte ich der genannten Auffassung nicht unbedingt zu[2], brachte vielmehr einige Gründe vor, welche für die zweite Alternative sprechen. Nach Dippel's Auffassung[3] besteht die Mittellamelle der Autoren aus drei Lamellen. In jenen Fällen, in denen die gemeinschaftliche Grenzwand in drei Schichten sich differenzirt, ist aber selbstverständlich bloss die mittlere homogene Schichte als Mittellamelle aufzufassen.

Was ich früher nur als Möglichkeit zugab, spreche ich jetzt als Behauptung aus, dass nämlich die gemeinschaftliche Aussenhaut aus zwei Schichten besteht, von denen je eine einer besonderen Zelle angehört. Ich schliesse dies aus folgenden Thatsachen. Wenn die Zellwände durch Druck vom Innern der Zelle her gedehnt werden, so spaltet sich die Mittellamelle mitten durch und ohne Verletzung in ihre natürlichen Hälften. Es geschieht dies beispielsweise, wenn das Parenchymgewebe der Kartoffel gekocht wird; die innerhalb der

[1] Der Ausdruck „Aussenhaut" scheint mir passender gewählt als der übliche Name, was ich schon früher motivirte (Elemente der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 2. Aufl., pag. 288). Der von mir vorgeschlagene Ausdruck fügt sich auch besser in die Terminologie der Zellhaut ein, lässt sich auf das an frei auftretenden Zellen vorkommende Analogon der Mittellamelle anwenden und scheint auch desshalb den Vorzug zu verdienen, da meine Untersuchungen lehren, dass die sogenannte Mittellamelle thatsächlich aus zwei getrennten Theilen besteht und mithin jede im Gewebeverbande stehende Zelle ihre eigene Aussenhaut besitzt.

[2] Elemente der Anatomie und Phys. d. Pflanzen, 1. Aufl., pag. 259, 2. Aufl., pag. 289.

[3] Verhandlungen der Senkenberg'schen Gesellschaft. Bd. XI. pag. 148.

geschlossenen Zellwand mächtig aufquellende Stärke dehnt die Wand und spaltet die Mittellamellen in ihre natürlichen Hälften. Kocht man dünne Schnitte der Kartoffel, welche nur aus durchschnittenen Zellen bestehen, tagelang, so tritt keine Trennung der Zellen ein, woraus ersichtlich ist, dass die Isolirung der Parenchymelemente nicht eben auf einer Auflösung der gemeinsamen Grenzschichte, sondern auf einer einfachen Spaltung beruht, was zuerst Solla in einer im hiesigen pflanzenphysiologischen Institute ausgeführten Arbeit zeigte.[1] Die Meristemzellen des Vegetationskegels schliessen dicht aneinander, aber wie die Turgescenz der Zellen sich steigert, erfolgt schon eine partielle Spaltung der Mittellamellen, nämlich die Bildung der Intercellularen. Aus diesen Thatsachen geht aber hervor, dass die Dermatosomen innerhalb einer Zellwand fester gebunden sind als zwischen benachbarten Zellen. Unter dieser „Bindung“ verstehe ich selbstverständlich eine mechanische Vereinigung der Dermatosomen. Ich werde später genauer meine Vorstellung über diese mechanische Bindung ausdrücken.

Meine Versuche haben aber auch gelehrt, dass chemische Mittel viel leichter die Verbindung zwischen benachbarten Zellhäuten lösen als den Zusammenhang der Theilchen innerhalb einer Zellwand. Es muss angenommen werden, dass jene Theilchen, welche die Dermatosomen benachbarter Zellen verbinden, sich in gewisser Beziehung chemisch von jenen unterscheiden, welche die Dermatosomen einer und derselben Zellhaut zusammensetzen. Der Unterschied mag vielleicht bloss ein quantitativer sein. Dass aber ein solcher besteht, geht aus folgenden Thatsachen hervor.

Wenn Hollundermark in Chlorwasser eingelegt wird, so bräunt sich das Gewebe, später entfärbt es sich wieder und bald darauf ist die Holzsubstanz aus den Zellhäuten verschwunden. Dennoch hält das Gewebe innig zusammen. Wird nun zu dem Gewebe Kalilauge hinzugefügt, so treten die Zellen augenblicklich aus dem Verbande, wobei ein Körper in Lösung geht, welcher der Flüssigkeit eine braune Farbe ertheilt. Dass die hier erfolgte Aufhebung der Bindung, welche die Häute der benachbarten

[1] Österr. bot. Zeitschrift, 1879, Nr. 11.

Zellen zusammenhielt, nicht ein einfacher mechanischer Vorgang wie in dem früheren, die Kartoffel betreffenden Falle ist, leuchtet ein, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass eine chemische Veränderung jener Hauttheilchen, welche die Dermatosomen benachbarter Zellen vereinigte, die Trennung der Zellen herbeiführte.

Man hat bisher an der Vorstellung festgehalten, dass die jugendlichen Zellwände (z. B. die Häute der Meristemzellen) homogen seien, und dass sich erst später die Schichten differenziren, wobei an der äussern Grenze der Zellwände eine chemische Metamorphose eintrete, welche es möglich machen solle, dass durch chemische Mittel eine Loslösung benachbarter Zellen sich einstelle.

Ich habe mich aber davon überzeugt, dass eine Spaltung der Zellwand durch Lösung einer inmitten der Mittellamelle gelegenen, im Mikroskope direct nicht nachweislichen Partie, selbst in jenen frühen Entwicklungsstadien der Zellwand ausführbar ist, in welchem dieselbe sich als eine geschlossene, zwei Zellen abgrenzende, homogen erscheinende Haut zu erkennen gibt. Wenn ich Vegetationsspitzen von Keimpflanzen (*Phaseolus multiflorus*, *Pisum sativum*, Mais etc.) oder Laubsprossen (*Solanum tuberosum*, *Myrtus communis* etc.) in concentrirter Salzsäure einlege, so treten die Zellen schon nach wenigen Minuten aus dem Verbande. Später erst trennen sich die Jungparenchymzellen, viel später, in manchen Fällen gar erst nach wochen- und monatelanger Einwirkung die vollkommen ausgebildeten, aus den Meristemzellen hervorgegangenen Zellen, woraus sich also ergibt, dass in früheren Entwicklungsstadien die Bindung der Elemente untereinander auch rücksichtlich der Resistenz der diese Bindung bewirkenden Substanzen gegenüber lösenden Mitteln eine weniger feste ist, als in jener Zeit, in welcher sie auf der Höhe ihrer Entwicklung angelangt sind[1], dass die Zusammensetzung der Mittellamelle aus zwei Häuten sich schon im Meristemzustande der

[1] Dass die Zellen vieler Gewebe nach Beendigung des Wachsthums durch chemische Umwandlungen der äussersten Hautpartie sich von einander loslösen, ist hinlänglich bekannt und widerspricht den oben mitgetheilten Thatsachen gar nicht, lehrt übrigens gleichfalls, dass die Bindung der Dermatosomen innerhalb einer Zellwand eine innigere ist als die jener Hautkörperchen, welche die Grenzen zweier benachbarter Zellen bilden.

betreffenden Zellen nachweisen lässt und dass es ein Irrthum ist wenn man glaubt, die Fähigkeit der Zellen, sich durch chemische, Mittel zu trennen, erfolgt erst in späteren Wachsthumsstadien, infolge einer chemischen Metamorphose innerhalb der Mittellamelle. Dass die erste, noch protoplasmatische Anlage einer Scheidewand als einfaches Häutchen zu betrachten ist, soll nicht in Abrede gestellt werden und widerspricht nicht meiner Auffassung, dass die Mittellamelle aus zwei Schichten besteht.

Innenhaut. Die Methode, durch welche es mir zuerst gelang, die Innenhaut zu isoliren (Markstrahlen von Nadel- und Laubhölzern), bestand in der Einwirkung von Chromsäure auf die Gewebe. Durch Anwendung von Kupferoxydammoniak konnte ich die Innenhäute unverholzter Bastzellen (Flachs, Hanf etc.) blosslegen.[1] Schacht[2] und später Kabsch[3] hielten die Innenhaut für eine aus reiner Cellulose bestehende Zellwandschicht. Aber schon Sanio[4] wies nach, dass das chemische Verhalten der Zellhaut dieser Annahme nicht günstig ist und ich habe durch zahlreiche Versuche nicht nur die Angabe Sanio's bestätigt gefunden, sondern konnte auch für bestimmte Fälle den Beweis erbringen, dass die Innenhaut mit Eiweisskörpern imprägnirt ist.[5]

Später hat Pfurtscheller (l. c.) gezeigt, dass man in vielen Fällen durch concentrirte Schwefelsäure die Innenhaut noch viel schöner als durch Chromsäure von den übrigen Zellwandbestandtheilen befreien kann. Dies gilt für die Markstrahlen der von ihm untersuchten Baumarten *(Fagus, Pyrus, Acer, Ulmus)*, ferner für Sklerenchymzellen (Samenschale von *Cocos nucifera*).

Dass man durch Anwendung von Chlorwasser die Innenhäute gleichfalls isoliren kann, darüber habe ich in einem früheren Abschnitte mehrfache Belege gebracht, und ich möchte hinzufügen, dass sich die so gewonnenen Innenhäute sowohl zum Studium des chemischen als morphologischen Verhaltens dieser Membranschichte am meisten eignen.

---

[1] Wiesner, Techn. Mikroskopie, Wien 1867, pag. 109 u. 111.

[2] Anatomie und Physiologie der Gewächse, pag. 30.

[3] Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. III, pag. 383.

[4] Bot. Zeitung, 1860, pag. 201.

[5] Wiesner, Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre, l. c., pag. 16 und 17.

Es ist von Russow[1] namentlich gegen Pfurtscheller's Angaben gesagt worden, die als „Innenhäute" beschriebenen Membrantheile wären nichts anderes als der eingetrocknete Primordialschlauch der betreffenden Zellen. Wäre diese Auffassung richtig, so könnte die Innenhaut keine Cellulosereaction geben. Wenn man aber Innenhäute aus Markstrahlen (z. B. Fichte) Bastzellen (Jute, Hanf etc.) durch Chlorwasser isolirt und dann auf 12—48 Stunden in Chlorzinkjodlösung einlegt, so erhält man sehr deutliche Violettfärbung. Dabei ist aber zu beachten, dass die Innenhäute dem Chlorwasser gegenüber sich ähnlich wie Pilzzellwände verhalten, welche nach längerem Liegen in diesem Reagens die Cellulosereactionen (gegen Jodpräparate) annehmen, nach einiger Zeit aber, nämlich nach noch länger anwährender Einwirkung des Chlors diese Fähigkeit einbüssen, offenbar, weil die lange der Wirkung des Chlors widerstehende Cellulose der Innenhaut schliesslich doch durch dasselbe zerstört wird, aber in einer Zeit, in welcher andere an der Zusammensetzung der Innenhaut Antheil nehmende Körper diesem Reagens noch Widerstand leisten.

Auch die Innenhaut der Pilzhyphen (*Polyporus*; siehe oben pag. 46) versuchte ich auf Cellulose mikrochemisch zu prüfen, allein, trotz vielfacher Versuche, bisher vergebens.

Hingegen konnte ich in allen von mir untersuchten Innenhäuten die Gegenwart von Eiweisskörpern constatiren.

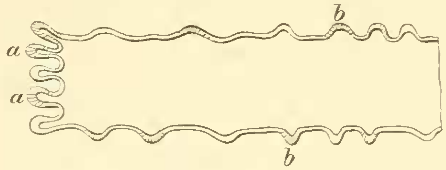
Ich rechne die Innenhaut in jedem Falle zur Zellwand, auch wenn sich in derselben Cellulose nicht nachweisen lässt. Sie bildet eben eine Zellwandschichte, in welcher Protoplasma am reichlichsten vorkommt und am längsten sich erhält, so dass die Innenhaut einer ausgebildeten Zelle dem Chlorzinkjod gegenüber kaum anders als eine Meristemzellwand sich verhält, welche, wie im nächsten Abschnitte gezeigt werden soll, infolge ihres Protoplasmagehaltes reich an Eiweisskörpern ist und in welcher die Nachweisung der Cellulose gleichfalls auf Schwierigkeiten stösst.

Die Innenhaut ist bis jetzt als ein homogen erscheinendes Häutchen angesehen worden. Die überaus schönen Innenhautpräparate, welche durch Einwirkung von Chlorwasser auf

[1] Über die Auskleidung der Intercellularen. Sitzungsbericht der Dorpater Naturforschergesellschaft. 1884. VII. 1. Heft, pag. 10 ff.

Gewebe resultiren, lassen aber doch bestimmte Structuren erkennen. So zeigen die Innenhäute aus Markstrahlen der Fichte theils excentrische, theils knotige Verdickung, welche von sehr zarten, zur Oberfläche der Haut senkrechten Streifen durchsetzt sind. (Fig. 4.)

Fig. 4.



Vergr. 1000. Bruchstück einer durch Chlorwasser isolirten Markstrahlzelle der Fichte. Die Aussackungen bei *a* und *b* sind excentrisch verdickt und von zarten radialen Linien (Porencanälen?) durchsetzt.

III. Chemische Beschaffenheit der Zellhaut und Vorkommen von Protoplasma in derselben.

Durch die neuere Forschung wurden zahlreiche chemische Individuen als Bestandtheile der vegetabilischen Zellwand erkannt. Obwohl wir noch weit davon entfernt sind, die chemischen Verhältnisse der Membran zu überschauen, so lässt sich doch aus unseren dermaligen Kenntnissen schon zweierlei ableiten: erstens, dass die Zellwand, vom chemischen Standpunkte betrachtet, nicht so einfach gebaut ist, als früher angenommen wurde, vielmehr ein höchst complicirtes Stoffgemenge repräsentirt, und zweitens, dass die bisherige Auffassung in Betreff der Entstehung der Zellwandbestandtheile unhaltbar ist.

Bezüglich des erstgenannten Punktes möchte ich nur auf eine sehr lehrreiche Thatsache hinweisen, nämlich auf die chemische Beschaffenheit der verholzten Zellwand. Man nahm früher an, dass sie aus Cellulose und Lignin (Holzsubstanz) bestehe. Dieses letztere ist aber zweifellos ein Stoffgemenge. Derzeit kennt man neben Cellulose als Bestandtheil der verholzten Zellwand: zwei Gummiarten, Coniferin, Vanillin und ferner eine durch Salzsäure sich gelbfärbende, mit keiner der früheren identische Substanz[1] und ist sich wohl schon darüber klar, dass

[1] S. hierüber M. Singer, Arbeiten des pflanzenphysiol. Inst. der Wiener Universität. XXII, in diesen Berichten, Mai 1882.

damit der chemische Bestand der verholzten Zellwand noch nicht erschöpft ist, wie übrigens aus dem oben mitgetheilten Verhalten ihrer Holzsubstanz mittelst Chlor beraubter und dann mit Kali behandelter verholzter Gewebe hervorzugehen scheint.

Was den zweiten Punkt anbelangt, so wird bezüglich der Entstehung der Zellwandbestandtheile noch immer angenommen, dass dieselben, soferne sie nicht einfache Infiltrationsproducte sind, wie z. B. die mineralischen Einlagerungen, Producte repräsentiren, welche durch chemische Metamorphose aus Cellulose hervorgegangen sind, die man als Umwandlungsproducte der Zellwand zusammenfasst. Die Cellulose soll stets die erste feste Ausscheidung des Protoplasmas bilden, gewissermassen die Grundlage der Zellwand, aus welcher die übrigen Membransubstanzen, sofern sie nicht blosse Infiltrate sind, entstehen.

Diese Ansicht über die Entstehung der Umwandlungsproducte ist in neuerer Zeit, seitdem man den chemischen Aufbau der Zellwand genauer kennen gelernt hat, nicht näher geprüft worden.

Dass Kohlenhydrate, welche mit Cellulose isomer sind, oder sich bloss von ihr durch ein Plus von Wasser unterscheiden, aus Cellulose hervorgehen können, kann wohl keinem Zweifel unterliegen, und die Entstehung der Gummiarten und Schleime aus Cellulose ist vom chemischen Standpunkte aus ebenso gerechtfertigt, wie sich auch in Bezug auf die dabei eintretenden morphologischen Verhältnisse in vielen Fällen, z. B. bei Entstehung des Traganths, die Ansicht nicht zurückweisen lässt, dass Cellulose das Materiale zur Entstehung derartiger Kohlenhydrate liefert. Zahlreiche andere Körper, welche in Beziehung zu den Kohlenhydraten stehen, mögen gleichfalls aus Cellulose innerhalb der Zellwand hervorgehen. Diese Möglichkeit könnte für die grosse Zahl jener Substanzen zugegeben werden, welche der Classe der Fettkörper angehören.

Nun kommen aber auch sogenannte aromatische Verbindungen (Benzolabkömmlinge) in der Zellwand als Umwandlungsproducte, genauer gesagt, als Körper vor, welche an Ort und Stelle gebildet wurden. Stehen sich heute die Fettkörper und aromatischen Verbindungen auch nicht mehr so schroff gegenüber

wie früher, seitdem es nämlich gelungen ist, Fettkörper in aromatische Substanzen zu verwandeln, so sind diese Fälle doch so vereinzelt, dass die Wahrscheinlichkeit für die Annahme, die aromatischen Verbindungen seien Abkömmlinge der Cellulose, nur eine sehr geringe ist. Ganz unmöglich ist es aber, die stickstoffhaltigen — nicht infiltrirten — Producte der Zellwand aus der Cellulose abzuleiten.

Ich werde zeigen, dass die lebende Zellwand stets Protoplasma enthält, somit Eiweisskörper führt. Diese Thatsache allein schon erlaubt uns, die in der Zellwand statthabenden chemischen Vorgänge naturgemässer als bisher zu betrachten.

Die Zahl der Zersetzungsproducte der Eiweisskörper ist eine so grosse, dass aus denselben sich weit mehr und viel verschiedenartigere chemische Individuen ableiten lassen, wie aus der Cellulose. Die Qualität dieser Zersetzungsproducte lehrt uns sowohl Fettkörper als aromatische Substanzen gewissermassen als nähere Bestandtheile der Eiweisskörper kennen. Die Abkömmlinge der Eiweisskörper können mithin ebenso Fettkörper als aromatische Verbindungen sein. Mit Rücksicht auf die leichte Verwandlung der Eiweisskörper im Organismus in Fettsäuren und Glyceride ist es viel wahrscheinlicher, dass diese Fettkörper auch in der Zellwand aus Albuminaten und nicht aus Cellulose sich ableiten. In noch höherem Grade gilt dies bezüglich der stickstofffreien aromatischen Verbindungen, und für sämmtliche stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindungen muss dies wohl als gewiss angenommen werden.

Dass innerhalb der ganz jungen Zellen Eiweisskörper vorkommen, schliesse ich aus dem Verhalten der die Vegetationsspitze des Stammes bildenden Meristemzellen, des Phellogens und des Cambiums.

Dr. Solla (l. c.) und Dr. Karl Richter (l. c.) haben sich durch vielfache Versuche überzeugt, dass die Zellwände von Meristemgeweben der Vegetationsspitze weder durch Jodpräparate noch durch Kupferoxydammoniak die Cellulosereactionen zu erkennen geben. Dr. Richter konnte in solchen Zellen Cellulose durch Chlorzinkjod constatiren, wenn das Gewebe vorher mit Kalilauge behandelt und gequetscht wurde.

Ich wiederholte dieses Verfahren mit gleichem Erfolge und es schien mir dieses Verhalten der jugendlichen Zellwände mit der Annahme, dieselben enthielten Eiweisskörper, verträglich zu sein. Zur weiteren Prüfung meiner Annahme unterwarf ich Vegetationsspitzen der Keimstengel von *Zea Mais, Phaseolus multiflorus* und anderer Pflanzen der Peptonisirung, worauf nach 24 Stunden Chlorzinkjod die Anwesenheit der Cellulose in den Membranen zu erkennen gab. Auch direct lässt sich die Gegenwart der Eiweisssubstanzen in der Zellwand durch die Raspail'sche Reaction nachweisen, doch nicht mit grosser Sicherheit, da die Zellen mit Eiweisskörpern gefüllt, die Membranen aber nur sehr dünn sind, mithin bei Prüfung auf die Färbung eine Täuschung leicht unterlaufen kann.

Durch Anwendung derselben Methoden lässt sich auch im Phellogen zahlreicher Pflanzen die Gegenwart von Eiweisskörpern constatiren, desgleichen im Cambium, bezüglich welchen Gewebes schon Dippel[1] darauf hinweist, dass es mit Chlorzinkjodlösung die Cellulosereaction nicht gibt.

Die genannten eiweissführenden, aber bereits Cellulose enthaltenden Meristemzellwände nehmen erst nach 24—48stündigem Liegen in Chlorzinkjodlösung violette Farbe an.

Dass die Innenhaut reich an Eiweisskörpern ist, wurde schon im früheren Capitel gesagt.

Eine besondere Beachtung wegen ihres hohen Eiweissgehaltes verdienen die Membranen der Pilzzellen.

Schon lange weiss man, dass sich in diesen Zellmembranen auf gewöhnliche Weise die Gegenwart der Cellulose durch Jodpräparate und Kupferoxydammoniak nicht nachweisen lässt, selbst nicht nach Vornahme jener Proceduren, welche in stark verholzten Zellwänden die Constatirung der Cellulose ermöglichen. Dieser Umstand hat bekanntlich zur Annahme einer besonderen Modification der Cellulose im Pilzgewebe geführt, welcher man den Namen Pilzcellulose gegeben hat. Es hat aber Dr. Richter in einer in meinem Laboratorium ausgeführten Arbeit gezeigt, dass eine solche Pilzcellulose nicht existirt, dass man vielmehr nach lang andauernder Einwirkung alkalischer Flüssigkeiten durch die gewöhnlichen Reactionen

[1] Das Mikroskop. 1. Aufl., Bd. II, pag. 49, 230.

die Anwesenheit der Cellulose in den Wänden der Pilzzellen nachweisen könne. Ich habe in vorliegender Arbeit noch eine andere Vorbehandlung angegeben, die Einwirkung von Chlorwasser.

Welcher Art jene Körper sind, welche in den Zellwänden der Pilze die Constatirung der Cellulose durch die üblichen Reagentien unmöglich machen, konnte bisher nicht aufgeklärt werden.

Gestützt auf meine, an Innenhäuten vor langer Zeit angestellten Beobachtungen, denen zufolge diese wegen ihres Eiweissgehaltes der Cellulosereaction noch schwerer zugänglich sind, selbst als verholzte Zellwandschichten, habe ich sowohl bezüglich der Meristem- als auch der Pilzzellhäute die Vermuthung ausgesprochen, es möchten dieselben mit Eiweisskörpern imprägnirt sein. Sowohl Solla als Richter haben diese meine Vermuthung geprüft; ersterer kam aber bezüglich der Meristemzellen zu keinem positiven Resultate, hingegen gelang es letzterem, einige Wahrscheinlichkeitsgründe für die Richtigkeit dieser Vermuthung in Betreff der Pilzzellmembranen beizubringen.

Herr Dr. Forsell, derzeit mit Untersuchungen über die Histochemie der Flechten in meinem Laboratorium beschäftigt, ist zu bestimmteren Resultaten gekommen. Es gelang ihm namentlich in dickwandigen Pilzhyphen des Flechtengewebes durch das Millon'sche Eiweissreagens positive Resultate zu bekommen, worüber später von seiner Seite ausführliche Mittheilungen folgen werden. Um die Richtigkeit meiner Auffassung über die Structur und chemische Beschaffenheit weiter zu prüfen, habe ich zunächst eine eingehende Untersuchung über das Auftreten des Eiweiss in den Zellmembranen veranlasst, welche von Herrn Fridolin Krasser im pflanzenphysiologischen Institute ausgeführt wird. Mit Zuhilfenahme der üblichen Reactionen auf Eiweiss (Millon'sche, Raspail'sche, Biuret- und Xanthoproteinsäurereaction) gelang es bereits bei zahlreichen Pflanzen in den Membranen von Meristemen (Phellogen, Cambium ect.) und Dauergeweben (*Epidermis, velamen radicum*, Endosperme ect.) positive Resultate zu gewinnen. Über diese Versuche wird später eingehend berichtet werden. Ich will hier nur noch bemerken, dass die Membranen des Endosperms von *Zea Mais* zu den genannten Versuchen sich besonders gut eignen.

Da das in der lebenden Zellwand vorhandene Eiweiss gänzlich oder zum grossen Theile in Form von Protoplasma vorkommt, so können alle jene chemischen Umwandlungen, welche bisher im Inhaltsplasma nachgewiesen wurden, auch innerhalb der Membran angenommen werden.

Ich glaube, dass die hier vorgetragene Ansicht, dass stets Protoplasma in der lebenden Zellwand vorhanden ist, das Verständniss der in der Zellwand statthabenden chemischen Vorgänge mehr fördern wird als die bisherige Lehre, derzufolge alle sogenannten Umwandlungsproducte der Zellwand aus Cellulose sich ableiten sollen.

Am Schlusse dieses Capitels möchte ich noch zu zeigen versuchen, dass es Zellen gibt, deren Membranen als Hauptträger des Protoplasmas fungiren.

Höchst auffallend, aber bisher in Bezug auf das Vorkommen des Protoplasmas in der Zelle nicht beachtet, ist die Dickwandigkeit vieler Pilzhyphen, welche sich bei vielen Gasteromyceten und Hymenomyceten selbst schon in Jugendzuständen zu erkennen gibt.[1] Bedenkt man, dass gerade in den Membranen solcher dickwandigen Hyphen sich die Gegenwart von Eiweisskörpern zu erkennen gibt, so gewinnt die Annahme, ein relativ grosser Theil des Protoplasmas verberge sich hier in der Wand, umsomehr an Wahrscheinlichkeit, als die Anwesenheit von Protoplasma in den Zellwänden höherer Pflanzen vielfach nachgewiesen wurde, und das Lumen der genannten Hyphen schon zur Zeit des Wachsthums oft so klein ist, dass für ausreichende Mengen von Protoplasma in solchen Zellen kein Raum zu sein scheint.

Ich will nun versuchen, die Eiweissmenge eines aus derartigen Hyphen zusammengesetzten Pilzes in Vergleich zu setzen mit dem Raume, welcher innerhalb solcher Zellen für das Protoplasma disponibel ist.

Ich wähle hiezu das noch wachsthumsfähige Gewebe des Fruchtkörpers von *Polyporus fomentarius*. Nach einer genauen chemischen Untersuchung, welche Herr Dr. Fossek, Assistent am ersten chemischen Universitätslaboratorium, auszuführen die

---

[1] De Bary, Morphologie und Biologie der Pilze etc., pag. 13.

Güte hatte, beträgt die Menge an Stickstoff in dem genannten Gewebe 2·34 Proc., auf absolut trockene Substanz bezogen. Nimmt man die durchschnittliche Stickstoffmenge eines Eiweisskörpers mit 16 Proc. an, so entspricht der angegebene Stickstoffgehalt einer Menge von 14·6 Proc. Eiweiss. Da in wachsenden Pflanzentheilen die Hauptmasse der Eiweisskörper im Protoplasma auftritt, dieses aber, auf organische Trockensubstanz bezogen, nur etwa zwei Drittel Eiweisskörper enthält, so wäre die Annahme nicht unberechtigt, dass das Gewebe 14 Proc. absolut trockene Protoplasmasubstanz enthält. Da aber der Stickstoff in diesem Gewebe, wie in anderen in chemischer Beziehung genauer untersuchten Geweben noch in Form anderer Verbindungen auftreten dürfte, die allerdings sonst zum grössten Theile im Protoplasma ihren Sitz haben, so wäre ein Gehalt von 10 Proc. Protoplasma eher zu niedrig als zu hoch geschätzt. Nun verhält sich nach zahlreichen, von mir vorgenommenen Messungen der cubische Inhalt der jugendlichen Zellwand des genannten Gewebes zu dem cubischen Inhalt des Lumens der betreffenden Zelle etwa wie 87 : 1. Es könnte somit unter der gemachten Annahme und unter der Voraussetzung, dass die Dichte der trockenen Protoplasmasubstanz mit jener der übrigen festen Zellwandbestandtheile übereinstimmt, bloss der achte Theil des Protoplasmas im Zellinhalte Platz finden. Würde man die Berechnung auf frische Substanz machen, wobei der Wassergehalt des Protoplasmas viel höher als der der Wand anzunehmen wäre, so würde ein noch kleinerer Bruchtheil des Protoplasmas als Füllmasse des Zelllumens resultiren.

Diese Discussion führt zu dem Resultate, dass es Zellen gibt, in welchen die Hauptmasse des Protoplasmas der Membran angehört.

IV. Organisation der Zellwand.

1. Molecularstructur und Organisation. Die directe Beobachtung führte uns bereits tief in die Organisationsverhältnisse der Pflanzen ein. Wir zerlegen die Pflanzen in Organe, diese in Gewebe, diese in Zellen, finden diese wieder aus unterscheidbaren Theilen: Protoplasma, Kern und Zellhaut zusammengesetzt und bemerken innerhalb des Protoplasmas individualisirte,

organische Structur besitzende Gebilde, wie Stärkekörnchen, Chlorophylkörner, protoplasmatische Anlagen der letztgenannten Gebilde (Plastiden etc.). Weiter ging man bisher in der Aufsuchung der Organisationsverhältnisse gewöhnlich nicht, sondern trachtete, die sich darbietenden morphologischen Differenzirungen, z. B. die Schichtung und Streifung der Zellhaut sofort auf moleculare Verhältnisse zurückzuführen oder, wie man sich ausdrückt, man suchte die Molecularstructur dieser Bildungen zu finden.

Auf botanischem Gebiete spricht sich dieses Streben viel deutlicher aus als auf zoologischem, und wenn in jüngster Zeit die gesunde Tendenz, nach neuen Organisationsverhältnissen im Protoplasma und Zellkern zu suchen, unter den Botanikern hervortritt, so ist dies zum grossen Theile den von den Zoologen ausgehenden Anregungen zu danken.

Wohl besteht die letzte im Bereiche der morphologischen Untersuchung organisirter Objecte gelegene Aufgabe darin, die Zusammensetzung der Organismen bis auf die die letzten Formelemente constituirenden Molekülverbindungen und Moleküle zurückzuführen; allein das Suchen nach der Molecularstructur der Organismen scheint mir derzeit ein hoffnungsloses Beginnen, da es sich hier um ein mechanisches Problem handelt, welches ohne Auffindung neuer theoretischer Grundlagen nicht zu fördern ist, das also eine umfassende Vorbereitung seitens der Physiker eigentlich voraussetzt und welches, da diese Vorarbeiten fehlen, mit Erfolg auf Lösung derzeit nicht in die Hand genommen werden kann.

Hingegen scheint das Bestreben, tiefer in die Organisationsverhältnisse der Pflanze einzudringen, grössere Aussicht auf Erfolg zu gewähren, wie die neueren Studien über pflanzliches und thierisches Protoplasma erkennen lassen. Die vorliegende Untersuchung bezweckt im Wesentlichen gleichfalls ein tieferes Eindringen in die organische Structur der Wand. Auf die Frage der Molecularstructur der Zellen, wie sie durch Nägeli und später durch Strasburger[1] gestellt und zu lösen versucht wurde, gehe ich aus schon angegebenen Gründen nicht ein, wohl aber möchte ich an dieser Stelle versuchen, den zwischen Molecularstructur und Organisation bestehenden Unterschied zu verdeutlichen.

[1] Zellhäute, pag. 216 ff.

Die bisherigen Untersuchungen der Physiker über den molecularen Bau der Körper beziehen sich auf die einfachsten Fälle: auf leblose Körper von homogenem Gefüge und einheitlichem chemischen Bau oder von einer höchst einfachen Combination chemischer Verbindungen.

Es gelang aus Thatsachen zu erschliessen, wie die Moleküle eines chemisch einheitlich gebauten Krystalls gegenseitig gelagert sind, und welche formbildenden Eigenschaften diesen Molekülen zukommen. Weniger klar sind schon die Lagerungsverhältnisse der Moleküle innerhalb eines Krystallwasser führenden Krystalls. In diesem Falle wird das Krystallmolekül als ein zusammengesetztes Molekül angenommen, bestehend aus dem Hauptmolekül und dem angelagerten Wasser, über dessen Stellung zum Hauptmolekül man noch nicht im Klaren ist. Die Anschauungen über Molekülverbindungen, wie solche im Alaun, in Lösungen und Flüssigkeiten, in der Substanz einfacher colloider Körper vorliegen, sind ganz hypothetischer Natur und schliessen eingestandenermassen andere Anschauungen nicht aus. Strenge genommen kennt man aber selbst den einfachsten Fall der Molecularstructur, nämlich den Bau eines krystallwasserfreien Krystalls nicht, weil die Form des Moleküls der betreffenden chemischen Substanz unbekannt ist.

Die Anschauungen über die Molecularconstitution so einfach gebauter Körper sind also noch zum grössten Theile unbestimmte oder unsichere. Welche Hoffnungen sind also bezüglich der Aufdeckung der Molecularstructur der Organismen zu hegen, nachdem wir wissen, dass diese Gebilde eine höchst complicirte chemische Zusammensetzung haben? Es scheint, als wenn man sich dies mit Rücksicht auf das gestellte Problem noch nicht recht vergegenwärtigt habe, weshalb ich diesen Punkt etwas näher beleuchten will.

Man hielt die Stärke früher für ein chemisches Individuum, man weiss aber jetzt, dass jedes Stärkekörnchen aus mehreren isomeren Kohlenhydraten, aus riechenden und farbigen Substanzen, welche bezüglich ihres chemischen Charakters noch nicht untersucht wurden, aus Wasser und Mineralbestandtheilen besteht. Dass die verholzte Zellwand chemisch sehr complicirt gebaut ist, wurde schon oben (pag. 55—56) dargelegt.

Nach den Untersuchungen Reinke's über die chemische Beschaffenheit der Myxomyceten-Plasmodien [1], welche grosse Protoplasmakörper repräsentiren, enthalten dieselben ausser Eiweisskörpern, Wasser und Mineralbestandtheilen noch zahlreiche andere Verbindungen: Reinke hat nicht weniger als 15 organische Substanzen und mehrere organische Körpergruppen (Amide, Peptone, Fettsäuren etc.) im Plasmodium vom *Aethalium septicum* nachgewiesen und hob hervor, dass etwa 5 Proc. der untersuchten Substanz auf bestimmte chemische Individuen noch nicht zurückgeführt werden konnten. Die Chlorophyllkörner enthalten ausser der protoplasmatischen Grundlage, deren chemische Mischung zweifellos gleichfalls eine sehr complicirte ist, noch die Chlorophyllfarbstoffe, unter Umständen die zu assimilirenden Substanzen und die Producte der Kohlensäureassimilation, u. s. w.

Wohl werden nicht alle diese einem bestimmten Theile der Zelle angehörigen chemischen Species an dem Aufbaue jedes sichtbaren Theiles der betreffenden organisirten Substanz Antheil nehmen, doch kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass diese kleinsten eben noch unterscheidbaren Theilchen einen im Vergleiche zu nicht organisirten Körpern (Krystallen etc.) sehr verwickelten Bau und eine complicirte chemische Zusammensetzung besitzen.

Es kann als sicher angenommen werden, dass jedem chemischen Individuum, das in die Bildung eines organisirten Gebildes eintritt, jene Molecularstructur zukommt, die ihm auch im isolirten Zustande eigen ist; ob dasselbe fest, flüssig oder gasförmig ist oder in Form einer Lösung vorkommt, ist dabei gleichgiltig.

Völlig fraglich ist es aber, wie diese leblosen Moleküle und Molekülgruppen im Organismus verbunden sind.

In dieser Beziehung liegen folgende zwei Möglichkeiten vor: Entweder vereinigen sie sich zu besonderen, selbst im Verhältnisse zur Zelle sehr kleinen individualisirten Gebilden, oder sie bilden ein homogenes Ganzes, das nur als Zellhaut, Protoplasma, Kern, Stärkekorn etc. individualisirt ist.

In jedem Falle ist eine grosse Complication im chemischen Bau gegeben: eine Molekülaggregation von so verwickeltem Baue,

[1] Studien über das Protoplasma. Berlin. 1881.

bezüglich deren innerer Gliederung sich keine irgendwie berechtigte Vorstellung entwickeln lässt, und die man einstweilen am besten als Organisation bezeichnen kann, weil dieselbe auf die Lebewesen beschränkt ist.

Von den beiden eben genannten Möglichkeiten halte ich die erstere für die berechtigtere, und möchte ich die Mikrosomen als jene individualisirten Körperchen ansprechen, welche die letzten Formelemente des Protoplasma bilden. Aus den Mikrosomen des Plasma (Plasmatosomen) gehen, wie ich später darlegen werde, die Mikrosomen der Zellhaut (Dermatosomen) hervor. Nach meiner Annahme würden also die Plasmatosomen die eigentlichen Elementarorgane der Pflanzen und überhaupt der Lebewesen bilden.

Nach dieser Auffassung würde die Zelle in demselben Sinne aus Mikrosomen (Plasmatosomen und Dermatosomen) aufgebaut sein, wie die Gewebe aus Zellen sich zusammensetzen.

Das Protoplasma hat eine netzförmige Structur.[1] Eine ähnliche Structur kömmt auch der Membran zu. Ich schliesse dies aus Folgendem: Wir haben gesehen, dass die Zellhaut sich in Dermatosomen zerlegen lässt, und dass diese untereinander gebunden sein müssen. Diese Bindungen können, wie wir gesehen haben, entweder einfach mechanisch gelöst werden, oder durch eine chemische Veränderung, wobei feste Substanz in Lösung übergeführt wird. Die Bindung kann also nicht in Anziehungskräften der Dermatosomen bestehen, wie etwa nach Nägeli's Vorstellungen die Micellen einer Zellwand durch Anziehung zu einem Ganzen vereinigt sind. Es ist nun mit Rücksicht auf die Anwesenheit des Protoplasmas inmitten der Zellwand

[1] Der Ausdruck „netzförmig" soll selbstverständlich nur besagen, dass der optische Durchschnitt durch das Protoplasma als Netz erscheint, ist also ähnlich so aufzufassen, wie der Ausdruck „Cambiumring", der bloss ausdrücken soll, dass der Querschnitt des Cambiums ringförmig ist. Strenge genommen besteht das Protoplasma aus Fäden, welche gerüstartig zusammengefügt sind. Die Frage, in welcher Weise die Fäden verbunden sind, und ob ihre Vereinigung den Ausdruck „netzförmig" rechtfertigt, will ich hier nicht näher erörtern (Vergl. hierüber die kritischen Auseinandersetzungen bei Flemming, l. c., pag. 58), sondern nur bemerken, dass gerade bezüglich der vegetabilischen Zellwand die Annahme einer im Flächenbilde genau netzförmigen Structur die grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat.

anzunehmen, dass diese Bindung der Dermatosomen durch zarte Stränge von Protoplasma zu Stande kömmt.

Die erste Anlage der Zellwand wurde früher als eine Schichte von Cellulose betrachtet, bis Strasburger in seinen bekannten Arbeiten zeigte, dass bei Zelltheilungen, welche unter Intervention eines sich in seine Hälften theilenden Kerns vor sich geht, ein Aggregat kleiner Körnchen diese erste Anlage der Wand bildet. Unter dem Einflusse der alten Lehren glaubte Strasburger anfänglich, diese Körnchen wären Ausscheidungen von Cellulose oder einem ähnlichen Kohlenhydrat; später unternommene genaue Versuche, in denen es ihm gelang, in diesen Körnchen (Mikrosomen) Eiweiss durch Reactionen nachzuweisen, lehrten, dass dieselben kleine Protoplasmagebilde seien.[1]

Diese protoplasmatischen Mikrosomen (Plasmatosomen) bilden mit einer Zwischenmasse eine zusammenhängende Platte (Kernplatte Strasburger's). Diese Zwischenmasse erscheint meist homogen oder überaus feinkörnig. Es ist aber wohl anzunehmen, dass sie als organisirte Substanz nicht homogen ist, und dass sie als protoplasmatisches Gebilde wie alle übrigen bis jetzt untersuchten Protoplasmagebilde eine aus feinen Fäden gefügte Netzstructur hat.

Es ist also anzunehmen, dass die Plasmatosomen der Zellhautanlage durch Protoplasmastränge netzartig verbunden sind.

Die erste Anlage der Zellwand besteht geradezu aus Protoplasma; dass in den Wänden junger Meristemzellen reichlich Protoplasma enthalten ist, dass selbst ausgewachsene Zellwände noch Protoplasma führen, darauf ist früher schon hingewiesen worden. Aus unseren Erfahrungen darf nunmehr mit Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, dass das in der wachsenden Haut enthaltene Protoplasma netzartig verknüpft ist und die Dermatosomen untereinander verbindet.

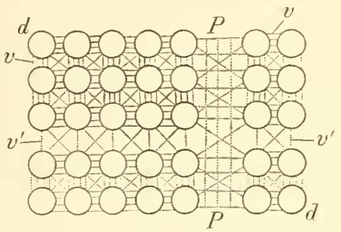
Dass die Mikrosomen des Protoplasma in die Bildung der Haut unmittelbar eintreten, darüber sind bei Strasburger (l. c.) zahlreiche Belege zu finden. Nach meiner Auffassung ist dieses Factum so auszudrücken: Die Plasmatosomen verwandeln sich innerhalb der Wand in Dermatosomen.

---

[1] Zellhäute, pag. 172.

Die Existenz der Protoplasmafäden, welche als Verbindungsglieder der Dermatosomen angenommen werden, konnte durch directe Beobachtung nicht bewiesen werden, da diese Protoplasmafäden im Vergleiche zu den Dermatosomen als sehr klein anzunehmen sind, diese aber selbst schon oft an der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung liegen. Nur in jenen Fällen erscheint das Protoplasma direct in der Wand, wo es als solches in breiten Zügen erhalten bleibt, innerhalb welcher die Plasmatosomen keine Umwandlung in Dermatosomen erfuhren.

Fig. 5.



Schema der Wandstructur.

d Dermatosomen. *v* Verbindungsstränge innerhalb der Zellwand, *v'* Verbindungsstränge an den Grenzen zweier Zellen.

P P breiter dermatosomenfreier Protoplasmazug, welcher im Mikroskope direct nachweisbar ist.

Die beistehende Abbildung (Fig. 5) soll veranschaulichen, in welcher Art ich mir die vegetabilische Wand gebaut denke. Sie zeigt die Dermatosomen und deren Verkettung, ferner die dichte Bindung innerhalb der Zellhaut, die lockere Bindung an der äusseren Grenze der Zellwand und das Zustandekommen mikroskopisch sichtbarer, durch die Zellwand hindurchgehender Protoplasmastränge.

2. Schichtung und Streifung der Zellhaut. Die Meinungen über die innere Structur der Zellhaut haben sich bekanntlich im Laufe der Zeit mehrfach wesentlich geändert. Die ältere von Meyen [1] und später noch von Crüger [2] vertheidigte, übrigens schon bei Grew und Moldenhawer auftauchende Ansicht, derzufolge die vegetabilische Zellwand aus Fibrillen bestehe, ist später auf das heftigste bekämpft worden. Der herrschenden Lehre zufolge besteht die Wand aus sich kreuzenden, abwechselnd wasserreichen und wasserarmen

[1] Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. I p. 45, daselbst auch die ältere Literatur.

[2] Bot. Zeitung. 1855. p. 601 ff.

Lamellen und diese sind es, welche sowohl die Schichtung als auch die Streifung hervorbringen sollen.

Diese von Nägeli begründete Ansicht ist indess nicht ohne Widerspruch geblieben und namentlich Strasburger[1] führt die Streifung wieder auf schraubig verlaufende Fasern, hingegen die Schichtung auf optische Differenzirung von zur Grenzfläche der Zellen parallelen Lamellen zurück.

Seitens der mit thierischen Objecten beschäftigten Histologen ist mehrfach gesagt worden, dass die Botaniker zu weit gehen, wenn sie die Annahme von Fibrillen in den gestreift erscheinenden Zellwänden geradezu perhorresciren.[2]

Nach den in dieser Abhandlung mitgetheilten Thatsachen ist die Frage, ob sich die Membran aus Schichten oder aus Fibrillen zusammenfügt, ziemlich bedeutungslos. Indem man bestimmte Bindungen innerhalb der Zellwand auflöst, zerfällt die Membran in Schichten, durch Auflösung anderer Bindungen zerfällt sie in Fibrillen, wie unter anderem die Versuche, welche mit Baumwolle und Bastfasern angestellt und oben mitgetheilt wurden, lehren. Je nach den in der Zellmembran herrschenden Spannungen werden die Dermatosomen zu Fibrillen, zu Schichten oder zu beiden vereinigt erscheinen. Man könnte also mit demselben Rechte, mit welchem man die Zellwand als lamellös gebaut betrachtet, sagen, sie bestehe aus Fibrillen. Sie besteht aber strenge genommen weder aus Schichten noch aus Fibrillen, sondern aus Dermatosomen, die, bestimmt angeordnet, entweder zu Fibrillen sich vereinigen oder zu Schichten oder zu beiden, ein Fall, welcher in den Wänden fibröser Zellen die Regel bildet.

Es zeigt sich also bezüglich des Baues der vegetabilischen Zellwand ein ähnliches Verhältniss, wie bei der quergestreiften Muskelfaser. Es wurde lange darüber gestritten, ob dieselbe aus Fibrillen oder Querscheiben bestehe, bis der Nachweis geliefert wurde, dass in derselben kleine Körperchen in regel-

---

[1] Zellhäute. — Auch Hofmeister (Pflanzenzelle, pag. 206) hat in einigen Fällen die Streifung der Zellwand aus Fibrillen abgeleitet. Vergl. auch Dippel, das Mikroskop, I. Aufl., Bd. II. p. 82 ff.

[2] Vergl. u. A. Ebner, l. c. pag. 224.

mässiger Anordnung enthalten sind, welche je nach äusseren Einwirkungen zu Fibrillen oder zu Scheiben sich zu vereinigen scheinen.

Dass die Dermatosomen zu Fibrillen, diese zu Schichten sich zu vereinigen vermögen, hat vornehmlich seinen Grund in der relativen Grösse der Dermatosomen im Vergleiche zu den Fäden, welche sie verknüpfen.

Die Dermatosomen verschiedener Zellen haben verschiedene Grösse und davon hängt in erster Linie die Deutlichkeit des Hervortretens von Schichten und Streifen ab. Damit Schichten und Streifen gesehen werden, ist vor Allem eine bestimmte Grösse der Dermatosomen erforderlich. Es ist oben wahrscheinlich gemacht worden, dass die Dermatosomen der untersuchten Pilzmembran infolge ihrer Kleinheit directer mikroskopischer Beobachtung sich entziehen, und dies ist wohl der Hauptgrund, warum die Pilzzellwände in der Regel keine Schichtung zu erkennen geben. Es können indess ganze Complexe von Dermatosomen von benachbarten sich unterscheiden und auch dadurch zur Bildung breiter Schichten (Schalen) Anlass geben.

Je nach der Verbindungsweise der Dermatosomen wird die Wand fibrillär oder geschichtet erscheinen. Je kleiner die Verbindungsstränge sind, desto mehr werden die Dermatosomen zu höheren Einheiten verschmolzen uns entgegentreten. Denken wir uns beispielsweise, dass die Dermatosomen einer Zellwand gleich gross wären und in radialer, tangentialer und longitudinaler Richtung in regelmässigen Reihen angeordnet seien, so wird die Wand aus Querschichten zu bestehen scheinen, wenn die verticalen Verbindungsstränge länger sind (oder stärker gedehnt sind), als alle übrigen, hingegen aus zur Zellaxe parallelen Fibrillen, wenn die verticalen Verbindungsstränge kürzer (oder am stärksten comprimirt) sind als alle anderen, endlich aus zur Oberfläche parallelen Schichten, wenn die radialen Verbindungsstränge länger (beziehungsweise gedehnter) sind als alle anderen. Es wird nicht schwierig sein das Zustandekommen schraubig angeordneter Fibrillen in analoger Weise zu erklären. Es wird auch verständlich sein, warum in manchen Zellen (Tracheiden, Bastzellen) Schichten und Streifen gleichzeitig sichtbar werden können, warum parenchymatische Elemente häufig Schichtung, aber keine Streifung zeigen etc.

Das Hervortreten der Schichten in der Zellwand erklärt Nägeli durch das Abwechseln wasserreicher und wasserarmer Schichten, Strasburger durch den Contact der successive aus dem Plasma sich abscheidenden Häute, wobei indess die Frage offen bleibt, ob die optische Differenzirung auf Structureigenthümlichkeiten oder bloss auf eine Differenz in der Lichtbrechung der sich berührenden Schichten zu stellen ist.

Nach meiner Auffassung besteht jede Schichte aus in tangentialer Richtung stark genäherten Dermatosomen, die also gewissermassen ein zusammenhängendes Häutchen bilden. Je zwei solcher Schichten sind durch Gerüstsubstanz von einander getrennt. Die zur Oberfläche der Zellwand parallele Lamellirung (Schichtung im engeren Sinne des Wortes) kömmt mithin durch den Wechsel von zu Häutchen vereinigt erscheinenden Dermatosomen und Gerüstsubstanz zu Stande.

In manchen Fällen können die für gewöhnlich nur im isolirten Zustande erkennbaren Dermatosomen direct beobachtet werden. Als Beleg hiefür theile ich folgende Beobachtungen mit.

Die Tracheiden der Fichte (*Abies excelsa*) sind, wie bekannt, häufig gestreift. Wenn man einen Längsschnitt durch das Fichtenholz, welcher sehr deutlich gestreifte Tracheiden enthält, stundenlang im Luftbade bei 110° trocknet, bis derselbe als völlig wasserfrei angenommen werden kann, und dann unter Mikroskop betrachtet, so findet man, dass die Streifen noch mit grösserer Schärfe hervortreten als früher. Was in der imbibirten Zellwand nur angedeutet war, die Zusammensetzung aus kleinen Körnchen (Dermatosomen) tritt nun viel schärfer hervor und an radialen Längsschnitten sieht man die Tüpfel wie mit feinen Körnchen übersät, welche theils in radialen Streifen, theils in concentrischen Ringen angeordnet sind. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Dermatosomen durch Wasserverlust sich contrahirt haben und infolge dessen ihre Peripherien sich von einander entfernten, wodurch diese Hautkörperchen obwohl kleiner geworden, als solche deutlicher hervortreten. Noch schärfer treten die Dermatosomen hervor, wenn man die Längsschnitte bis zur beginnenden Zersetzung erhitzt, so lange, bis sie sich deutlich zu bräunen beginnen. Die Wände der bei 110° erhitzten Tracheiden erscheinen wie mit einem unregelmässigen

Netze überdeckt, dessen Fäden in schraubigen Richtungen liegen; sie sehen wie ein ungespanntes Netz aus. Lässt man nun Wasser zutreten, so wird infolge der Quellung das Netz regelmässiger, es ist so, als wäre das Netz gespannt worden, die Schraubenlinien aber werden viel undeutlicher. Aus diesem letzten Umstande ist zu folgern, dass in der trockenen Wand lufterfüllte Hohlräume vorkommen, welche bei Wasserzutritt durch Flüssigkeit ersetzt werden. Diese Hohlräume sind im lebenden Zustande der Zellwand auch vorhanden, und zweifellos gleichfalls mit Flüssigkeit erfüllt.

Während die Nägeli'sche Theorie fordert, dass die im lebenden Zustande mit Wasserhüllen umkleideten Micellen bei vollständiger Wasserentziehung sich unmittelbar berühren, geht aus meinen Untersuchungen hervor, dass die Zellwand ein Gerüste bildet, welches reichlich von Hohlräumen durchsetzt ist, die im lebenden Zustande der Wand mit Flüssigkeit gefüllt, im trockenen Zustande leer sind, und sich gewöhnlich mit Luft füllen.

Da nun die Dermatosomen quellbar sind, so ist anzunehmen, dass in der mit Wasser gesättigten Zellwand das Wasser in zweierlei Form enthalten ist: als capillares, welches die Dermatosomen und deren Verbindungsstränge umspült, und als Quellungswasser, welches von den Dermatosomen aufgenommen wurde.

Ich will hier noch eine interessante Beobachtung anführen, welche zeigen soll, dass das Hervortreten der Schichten und Streifen nach Einwirkung von Reagentien, wenigstens in gewissen Fällen nicht auf einer die optische Differenzirung der Structur begünstigenden Aenderung der Brechungsexponenten der benachbarten Hauttheile, sondern auf Auflösung der zwischen den Schichten und Streifen befindlichen Bindesubstanzen beruht.

Wenn man auf einen scharf getrockneten, durch das Holz der Fichte geführten Längsschnitt, dessen Tracheiden deutliche Streifung zeigen, Chromsäure wirken lässt, so wird die Structur undeutlich, indem die in die lufterfüllten Hohlräume eindringende Chromsäurelösung sich optisch nur wenig von den mit derselben Lösung nunmehr imbibirten Hautschichten differenzirt. Nach einigen Augenblicken tritt aber die Streifung mit einer an diesem Objecte

niemals zu sehenden Schärfe hervor. Nicht lange darauf zerfällt die Zellwand nach den Richtungen der die Streifung charakterisirenden Schraubenlinien. Es sind durch das Reagens die Stränge, welche die zu Fibrillen vereinigten Dermatosomen untereinander verbanden, gelöst worden.

V. Wachsthum der Zellwand.

Die Wachsthumsverhältnisse der vegetabilischen Zellwand sind bisher beinahe durchgehends höchst einseitig aufgefasst worden. Die einen wollen alle Wachsthumsvorgänge auf Intussusception zurückführen, die anderen auf Apposition. Bekanntlich ist die alte Appositionstheorie durch Nägeli's scharfsinnige Untersuchungen völlig beiseite geschoben und bis vor wenigen Jahren als völlig abgethan betrachtet worden. Heute steht aber die Sache wieder anders: es sind Vertheidiger der Appositionstheorie aufgetreten, welche geradezu jede Wirksamkeit der Intussusception, wenigstens innerhalb des Bereiches der Pflanzenzelle in Abrede stellen.

Die Erscheinungen, welche das Wachsthum darbietet, sind aber so mannigfaltige, dass schon von vorneherein ein gleichartiges Zustandekommen unwahrscheinlich ist. Übrigens lehrt schon, wie ich bereits vor Jahren hervorhob,[1] eine einfache Überlegung, dass jede Intussusception Apposition voraussetzt, denn es kann doch keine Zwischenlagerung von Molekülen stattfinden, bevor dieselben sich nicht angelagert haben. Wenn aber einmal im Laufe des Zellenlebens das Protoplasma die Fähigkeit hat, durch Apposition ein Hautanalogon zu schaffen. warum sollte dieser Process im weiteren Verlaufe des Zellenlebens sich nicht wiederholen?

Für die Wirksamkeit der Intussusception im Wachsthume der Wand sprechen nicht nur Wahrscheinlichkeitsgründe, sondern auch Beobachtungen, welche durch Annahme von Appositionswachsthum nicht zu verstehen sind.

Was den ersten Punkt anlangt, so ist zunächst die Tendenz wachsender Organismen zu intercalaren Bildungen hervor-

[1] Elemente der Anat. u. Phys. d. Pflanzen. 1. Aufl., pag. 259, 2. Aufl., pag. 290.

zuheben, welche sich in der Anlage der Organe, im Wachsthume der Gewebe, ja gewisser Zellen — ich erinnere an den allgemein bekannten Fall von Oedogonium — so scharf ausspricht, dass man diese Tendenz zu den charakteristischesten Eigenthümlichkeiten der Organismen rechnen kann. Es wächst der Organismus gewissermassen aus sich selbst heraus. Ferner: es ist höchst bedenklich, in jenen Fällen, wo behäutete Zellen mehrhundertmal an Volum zunehmen, das Flächenwachsthum der Wand durch blosse Dehnung einer durch Apposition entstandenen Hautanlage zu erklären. Sodann: es ist nicht minder bedenklich, wenn man ein locales Wachsthum der Wand, wie es zum Beispiel bei der Sprossung der Hefe vorkömmt, einfach durch eine local verstärkte Dehnbarkeit der Wand zu erklären versucht, indem doch die Wand nicht in dem Verhältnisse dünner wird, als sie an Volum zunimmt, und für eine Zunahme der gedehnten Wand an Dicke durch Apposition kein Beweis vorliegt, namentlich aber das Zustandekommen der Tochterzellwände durch Apposition in Anbetracht der fast punktförmigen Kleinheit der Ansatzstelle sehr verwickelte Bedingungen zur Voraussetzung hat, während der Vorgang durch intercalares Wachsthum sich sehr leicht und einfach erklärt.

Was den zweiten Punkt anbelangt, so will ich nur auf die sehr umfassende und objective Untersuchung, welche jüngsthin Leitgeb über Bau und Entwicklung der Sporenhäute veröffentlichte [1], verweisen, worin gezeigt wird, wie bei bestimmten Wachsthumserscheinungen die Apposition, bei anderen die Intussusception in Wirksamkeit tritt, dass beispielsweise selbst an einer und derselben Lebermoos-Spore ein Theil der Wand (sporeneigene Haut) durch Intussusception, ein anderer (das Perinium) durch Auflagerung gebaut wird.

Es kann also heute wohl kaum einem Zweifel mehr unterliegen, dass sowohl Apposition als Intussusception beim Wachsthum der Zellwand betheiligt sind. Diese unter den Botanikern noch selten anzutreffende Auffassung ist unter jenen Histologen, welche sich mit thierischen Objecten befassen, wie ich glaube, die herrschende. [2]

---

[1] Graz, 1884.

[2] Vergl. Ebner, l. c., pag. 207. ff.

Die Vorstellungen, welche man sich aber in Betreff des Zustandekommens des Zellwandwachsthums und speciell der Intussusception gebildet hatte, dürften wohl durchwegs noch sehr rohe sein, und ich meine, dass die Traube'schen Zellen mit jenen Intussusceptionsvorgängen, welche das Zellwandwachsthum beherrschen, nichts zu thun haben; auf das Dickenwachsthum sind sie aber einfach gar nicht anwendbar. Auch die Apposition verläuft im Organismus nicht so einfach, wie bei der Bildung eines Krystalls, wie ich weiter unten durch ein Beispiel belegen werde.

Die in der vorliegenden Abhandlung enthaltenen neuen Thatsachen in Verbindung mit anderweitigen Erfahrungen führten mich zu Anschauungen über das Wachsthum der Zellhäute, welche vielleicht der Beachtung werth sind, wenn sie auch jener Einfachheit entbehren, welche Strasburger's Theorie des Zellhautwachsthums auszeichnet.

Die erste Anlage der Zellwand besteht aus einer Schichte von Protoplasma, wie Strasburger zuerst bewies. Jugendliche Zellwände, wie die der Meristeme, enthalten reichlich Protoplasma. Auch in ausgewachsenen Zellen lässt sich Protoplasma in Form von Verbindungssträngen, welche das Innere benachbarter Zellen in Communication setzen, nachweisen. In solchen ausgewachsenen Zellen ist aber die Hauptmasse der Zellwand frei von Protoplasma oder enthält höchstens Spuren davon, während in jugendlichen Zellen das Protoplasma überall die Häute durchdringt.

Aus Strasburger's Untersuchungen folgt also, dass die Zellwand nicht aus dem Protoplasma ausgeschieden wird, sondern dass das letztere selbst die Anlage der Wand bildet.[1] Dieses die Wandanlage bildende Protoplasma verwandelt sich aber nicht, wie es Strasburger's Appositionslehre fordert, in eine Wandschichte, sondern bleibt mit dem übrigen Zellplasma in Verbindung und bildet zwischen sich Dermatosomen aus; denn das in die Wandbildung hereingezogene Protoplasma (Dermatoplasma) liegt in der Wand selbst und bezieht von dem übrigen

[1] Diese Auffassung findet sich auch, wie ich bereits in der Einleitung berührte, in der bekannten Zellwachsthumstheorie Pringsheim's, deren Hauptsatz dahin lautet, dass das Protoplasma Hautschichten bildet, welche sich später in aus Cellulose bestehende Membranschichten umsetzen.

Protoplasma her bloss Substanz. Die Formbildung der Zellwand geht, dieser meiner Auffassung zufolge, nicht von dem von der Zellwand rund umschlossenen Protoplasma (Zellenplasma), sondern von dem inmitten der Zellwand gelegenen Protoplasma (Dermatoplasma, Hautplasma) aus. Diese Auffassung schliesst eine Neuanlage von Hautschichten seitens des Protoplasmas nicht aus. Sollten derartige Wiederholungen vorkommen, so müssten dieselben wie die erste Hautanlage weiterwachsen.

Durch Annahme des Wachsthums der Plasmasubstanz innerhalb der Wand, wird uns der wahre Charakter der letzteren als lebendes Glied der Zellen verständlich. Unserer Vorstellung zufolge wächst die Haut nicht nach Art der Traube'schen Zellen durch blosse Einlagerung der Theile, auch nicht durch blosse Anlagerung von Aussen oder Innen, wie es Strasburger's Appositionstheorie fordert, sondern im Wesentlichen wie das Zellenprotoplasma, gewissermassen aus sich selbst heraus.

Die complicirten Structuränderungen, welche sich während des Wachsthums vieler Zellhäute (besonders der Pollenkörner und Sporen) einstellen, werden unter der hier entwickelten Vorstellung verständlicher als unter Annahme einfachen Appositions- oder Intussusceptionswachsthums oder einer Combination beider.

Die Zellhautanlage ist nach den Untersuchungen Strasburger's eine protoplasmatische. Sie besteht aus Plasmatosomen und einer Zwischensubstanz, die aber selbst organisirt ist, und die man wohl ebenso als netzförmig gestaltet annehmen darf, wie alle anderen Protoplasmagebilde, welche einer genauen Untersuchung auf ihre Structur zugänglich waren.

Diese Wandanlage wächst weiter. Wir finden später in derselben Dermatosomen und Protoplasma, in welchem selbst wieder Plasmatosomen erscheinen. Durch Strasburger ist die Umbildung von Plasmatosomen (Mikrosomen nach seiner Terminologie) in Dermatosomen nachgewiesen. Dabei werden also die Plasmatosomen consumirt. Woher kommen die neuen Plasmatosomen? Da, so weit die Erfahrung reicht, das Organisirte sich selbst wieder nur aus Organisirtem bildet, die Plasmatosomen aber organisirt sind, so müssen sich dieselben entweder aus ihres

Gleichen durch Theilung oder aus kleinen in der Plasmafäden enthaltenen der Beobachtung sich entziehenden organisirten aus dem Plasma sich individualisirenden Körperchen bilden, die aber selbst wieder als Plasmatosomen aufzufassen wären.[1]

In den meisten Fällen scheinen die Plasmatosomen sich gänzlich in Dermatosomen zu verwandeln. Auszuschliessen sind jene Fälle, in welchen nach Beendigung des Wachsthums noch Protoplasmastränge in der Zellwand nachweislich sind.

Es wandelt sich in den erstgenannten Fällen auch die zarte Gerüstsubstanz in Wandsubstanz um und bildet dann jenen homogen erscheinende Schleim, welcher durch Carbonisirung, Salzsäure- und Kaliwirkung aus den Zellmembranen neben den Dermatosomen entsteht. Ob diese Strangmasse homogen ist oder aus kleinen der Wahrnehmung sich entziehenden Dermatosomen besteht, ist natürlich zweifelhaft, doch ist mit Rücksicht auf den Umstand, dass die Zwischenmasse dieselbe chemische Beschaffenheit zeigt, wie die Dermatosomen (z. B. in der Membran der Leinenfaser, wo beide aus Cellulose bestehen), das letztere wahrscheinlicher.

Die Dermatosomen sind im ausgebildeten Zustande frei von Eiweisskörpern; die protoplasmatische Substanz, aus welcher sie hervorgegangen, verschwindet schliesslich vollständig, und sie bestehen dann gänzlich oder zum grössten Theile aus Abkömmlingen von Eiweisssubstanzen. In diesem Zustande vollkommener Ausbildung sind sie wohl nicht mehr als lebende Gebilde anzusehen.

Die Frage nach den Richtungen, in welchen das Wachsthum der Zellwand stattfindet, wird unter der Vorstellung, dass die lebende Substanz innerhalb der Wand weiterwächst, nunmehr weniger einseitig gelöst werden können, als bisher, wo aller Substanzzufluss zur Wand entweder bloss von dem von der Wand umschlossenen Protoplasma oder von einem Periplasma abgeleitet wird.

---

[1] Es scheint mir, wie schon oben angedeutet wurde, eine erlaubte, den Überblick über die Thatsachen sehr förderliche Vorstellung zu sein, das ganze Plasma aus kleinen organisirten Körperchen, Plasmatosomen, zusammengesetzt anzunehmen, welche einstweilen als die wahren Elementarorgane der lebenden Wesen anzunehmen wären.

Ich will schliesslich an einem Beispiele zeigen, dass selbst ein so einfach erscheinender Vorgang wie die „Auflagerung“ einer Hautschichte auf eine Zellwand nicht als ein blosser mit dem Appositionswachsthum eines Krystalls vergleichbarer Process aufzufassen ist.

Es ist durch die Untersuchungen Strasburger's u. A. nachgewiesen worden, dass Wandverdickung an Pollenkörnern und Sporen auch durch Auflagerung auf die Peripherie der Zellwand erfolgt. Die aufgelagerte Wand leitet Strasburger von einem zwischen der Membran der Mutterzelle und der Membran der Tochterzelle gelegenen Protoplasma ab.

Es soll dieser Vorgang einfach auf einem centrifugalen Appositionsvorgang beruhen. Dass diese Auffassung nicht allgemein richtig ist, hat Leitgeb (l. c.) durch eingehende Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Sporenhäute von Muscineen und Gefässkryptogamen gezeigt.

Nach Leitgeb's Untersuchungen entsteht bei *Sphaerocarpus*, *Riccia*, *Preissia* u. a. Lebermoosen das Perinium nicht aus einem Periplasma: es geht dasselbe vielmehr aus der innersten Lamelle der Specialmutterzellwand hervor, welche überall dicht der äusseren „sporeneigenen“ Haut, der wahren Exine, anhaftet.

Diese innerste Lamelle erfährt nun gleich den übrigen Sporenhäuten im Laufe ihrer Entwickelung vielfache, zum Theile sehr tief eingreifende morphologische und chemische Veränderungen, welche wohl erst verständlicher werden, wenn man die Membran als belebt, das ist als protoplasmaführend, annimmt.

Die Bildung des Periniums der genannten Lebermoose geht nun unter dieser, wie ich glaube, sehr berechtigten Voraussetzung, in folgender Weise vor sich. Das Protoplasma der Specialmutterzellen bildet zunächst die „sporeneigene“ Haut. Das von dieser umschlossene Protoplasma durchdringt aber auch die Wand der Specialmutterzellen und die sporeneigene Haut. Durch die Thätigkeit dieses inmitten der Zellhaut befindlichen Plasma (Dermatoplasma) gehen daselbst die oben angedeuteten Veränderungen vor sich, unter anderen auch die Verschmelzung der innersten Schichte der Specialmutterzellwand mit der Exine (eigentliches Exospor) und die Umgestaltung dieser innersten Schichten der Specialmutterzellwand zur äussersten Schichte der Spore, zum Perinium.

Ich widerstand der Verlockung, die in dieser Abhandlung ausgesprochenen, zum Theile unmittelbar aus den Thatsachen sich ergebenden, zum Theile durch berechtigte Annahmen entstandenen Ideen weiter auszuspinnen und zu einer Theorie der Zellwandstructur oder gar der Zellstructur zu gestalten. Die Lösung derartiger Fragen gedeiht nach meiner Ansicht besser, wenn sie von mehreren Forschern angestrebt und so von verschiedenen Seiten beleuchtet wird, als wenn man ihr durch eine fertige Theorie beizukommen sucht.

So mögen denn die hier ausgesprochenen Grundgedanken, welche ebenso auf die von Nägeli, Strasburger, Dippel, Tangl, Leitgeb u. A. gemachten Entdeckungen, wie auf meinen eigenen Beobachtungen fussen, sich ebenso weiter entwickeln, wie sie entstanden sind: durch Zusammenwirken zahlreicher Forscher.

Ich begnüge mich mit den gegebenen Ausführungen, welche dahin zusammenzufassen sind, dass der Charakter der wachsenden Zellwand als **lebendes**, protoplasmaführendes Gebilde in den Vordergrund gestellt und sowohl die Structur, als das Wachsthum und der Chemismus der Zellhaut den analogen Verhältnissen des Protoplasma näher gebracht wurde, und welche zur Aufstellung folgender Sätze führen:

1. Die erste Zellhautanlage besteht gänzlich aus Protoplasma (Strasburger).

2. So lange die Wand wächst, enthält sie lebendes Protoplasma (Dermatoplasma). Dasselbe ist aber nur dann direct im Mikroskop zu sehen, wenn es in relativ breiten, cellulosefreien Zügen auftritt und dann die ganze Wand durchsetzt, welcher letztere Fall bekanntlich von Tangl zuerst beobachtet wurde.

3. Der Bau der Zellhaut ist nicht nur in der ersten Anlage, sondern stets ein netzförmiger, wie ein solcher dem Protoplasma, aus welchem die Zellhaut ja hervorgeht, entspricht.

4. Die Hauptmasse einer herangewachsenen Wand besteht aus kleinen, runden, organisirten Gebilden, Dermatosomen, welche aus Mikrosomen des Protoplasma (Plasmatosomen) hervorgehen, und die, solange die Zellwand wächst, durch zarte Protoplasmazüge verbunden sind. Diese plasmatosomenführenden

Stränge bilden aus sich (durch Theilung?) neue Plasmatosomen und schliesslich Dermatosomen, worauf das Wachsthum der Wand beruht, das also, wenigstens im Wesentlichen, ein intercalares ist.

5. Die Dermatosomen sind in der Regel direct in der Zellwand nicht erkennbar, werden aber gesehen, wenn man die sie zusammenhaltenden Fäden löst oder sprengt. Dies kann durch verschiedene Mittel geschehen. Am vollkommensten gelingt die Isolirung der Dermatosomen durch Chlorwasser, welches die Stränge früher angreift als die Dermatosomen.

Durch hintereinanderfolgende Behandlung mit einprocentiger Salzsäure, Trocknen bei 50—60°, Behandeln mit gewöhnlicher Salzsäure, Wasser, sodann mit Kali, Wasser und endlich durch Einwirkung von Druck ist man im Stande, die Bastfasern in Dermatosomen zu zerlegen, welche kleine mikrokokkenartige rundliche Körperchen darstellen.

6. Ausgewachsene Dermatosomen enthalten kein Eiweiss mehr, sind nicht mehr als lebende Gebilde aufzufassen, wohl aber sind sie quellbar.

7. Das Wasser ist in den Zellwänden in zweierlei Form enthalten: erstens als Quellungswasser der Dermatosomen, zweitens als capillares Imbibitionswasser zwischen den Dermatosomen, die Verbindungsstränge umspülend.

8. Die Bindung der Dermatosomen ist innerhalb einer Zellwand eine stärkere als zwischen zwei benachbarten Zellen. Ein lockeres, in Reagenzien relativ leicht lösliches Fibrillengerüste trennt die sogenannte Mittellamelle (gemeinschaftliche Aussenhaut) in zwei Häute; jede im Gewebeverbande befindliche Zelle besitzt ihre eigene Aussenhaut.

9. Die Zellwand kann mit dem gleichen Rechte als fibrillär gebaut betrachtet werden, mit welchem man sie als lamellös zusammengesetzt auffasst. Sie ist aber im Grunde weder das eine noch das andere, sondern je nach Anordnung der Dermatosomen, nach Länge (beziehungsweise Spannung) der Verbindungsfäden wird sie geschichtet, oder fibrillär oder in beiderlei Art gefügt oder homogen erscheinen.

10. Die optische Differenzirung der Schichten, beziehungsweise Fibrillen der Zellhaut kommt im Wesentlichen durch regel-

mässigen Wechsel genäherter Dermatosomen (welche zu Schichten oder Fibrillen vereinigt erscheinen) und Gerüstsubstanz zustande.

11. Die Anwesenheit von Eiweisskörpern in der lebenden Zellwand macht die chemische Beschaffenheit und die innerhalb derselben stattfindenden chemischen Metamorphosen verständlicher als die herrschende Lehre, derzufolge Cellulose das erste Product bildet, welches aus dem Protoplasma als Wandsubstanz ausgeschieden wird und welches den Ausgangspunkt für die Entstehung aller sogenannten „Umwandlungsproducte“ der Zellhaut bilden soll.

12. Die Zellwand repräsentirt, wenigstens so lange sie wächst, ein lebendes Glied der Zelle, was besonders dadurch anschaulich wird, dass es Zellen gibt, welche den grössten Theil ihres Protoplasma inmitten der Zellhaut führen (Pilzhyphen mit dickwandigen wachsenden Enden).

Durch diese Auffassung über die Natur der Zellwand fällt selbstverständlich jene strenge Grenze zwischen Protoplasma und Zellhaut, welche man bisher zu ziehen gewohnt war.